This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

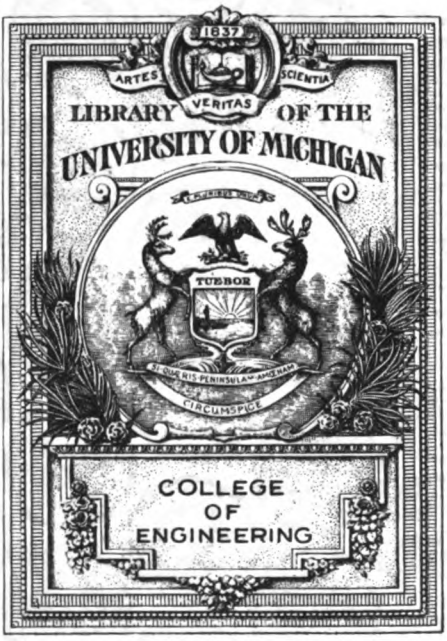
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 384034 DUPL

Digitized by Google



Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN

Digitized by Google

[redacted]
HE
6005
.A61

Digitized by Google

Digitized by Google

MAR 11 1926

15e ANNEE. — N° 1. JANVIER 1926. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS. Ve

Digitized by Google

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'Ecole Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Tavvin, Directeur des Postes et Télégraphes ; Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

Eng. 216
Ters
5

TABLE DES MATIÈRES.

L'emploi des balances dans les bureaux de poste (balances à lecture directe), par E. Reynaud-Bonin, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes 1

Essais effectués sur quelques parafoudres à l'amalgame de potassium, par L.-J. Collet, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 13

Méthode de calcul des embases de pylônes, par J.-H. Gosselin, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 25

L'automatique rural, par Robert Dreyfus, ingénieur des Postes et Télégraphes 44

Numération, traduction et sélection dans les grands réseaux téléphoniques urbains, par M. Damoiseau..... 50

La boulisterie électrique de l'hôtel des postes de Tunis, par E. Crouzet, inspecteur des Postes et Télégraphes, chef des services électriques de l'office tunisien..... 65

Système diplex pour câbles sous-marins, par E. Montoriol, inspecteur des Postes et Télégraphes..... 75

Note sur les relais à action différée, par Ch. Suchet, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 77

Service d'études et de recherches techniques : Les nouveaux appareils téléphoniques à batterie centrale, du type de 1924, de l'administration. 79

Informations : La conférence télégraphique internationale de Paris. — L'activité commerciale des avions postaux américains..... 86

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

L'EMPLOI DES BALANCES DANS LES BUREAUX DE POSTE

(BALANCES A LECTURE DIRECTE),

Par E. REYNAUD-BONIN,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

L'utilité des balances dans les bureaux de poste est évidente, puisque les tarifs postaux varient en fonction du poids des objets transportés. En France, la réglementation des tarifs en fonction du poids est extrêmement ancienne. On en trouve déjà la trace dans un règlement du 16 octobre 1627 (il y a bientôt trois cents ans), qui avait fixé un tarif de 2 à 5 sols pour les lettres ou paquets jusqu'au poids d'une demi-once (1) et de 5 à 8 sols par once pour les gros paquets. On ne s'est jamais écarté, depuis cette époque, du principe de la taxation selon le poids, tandis que d'autres principes, au contraire, tels que la taxation selon la distance, ont été d'application de plus en plus restreinte.

Quel est le type de balance qui convient au mieux dans l'exploitation postale ?

Tant que l'on se borne à employer des balances où l'équilibre est obtenu par la mise sur l'un des plateaux d'un nombre convenable de « poids marqués » extraits d'une « boîte de poids », la considération de la sensibilité de la balance n'est pas en cause, parce que les balances de ces types sont toutes extrêmement sensibles. Nous donnons comme exemple deux types qui ont été employés ou sont encore employés par l'administration française et qui sont représentés sur la figure 1. Les légendes qui accompagnent cette figure expliquent d'ailleurs suffisamment les conditions d'emploi de l'une ou de l'autre de ces deux balances.

(1) Quatorze grammes environ.

Digitized by Google

Malheureusement, les manipulations à faire pour obtenir l'équilibre sont assez nombreuses, et le service des agents de guichet en est rendu désagréable et lent. D'autre part, il n'est pas possible de laisser des balances de cette catégorie à la libre disposition du public dans la salle d'attente des bureaux de poste, parce que les poids qui servent à faire l'équilibre seraient trop facilement perdus, ou volés par des clients peu scrupuleux.

Les balances dites « à lecture directe », c'est-à-dire les

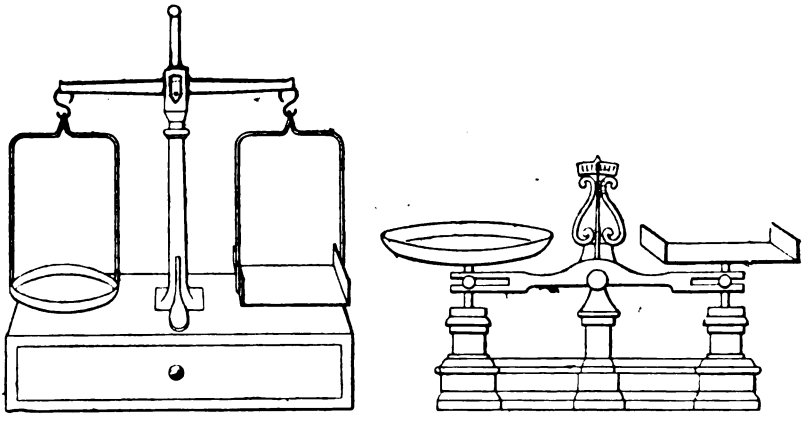


Fig. 1.

« pesons », les « bascules », et tous les appareils modernes à cadran, sont des appareils de manipulation rapide et n'exigeant aucune série de poids marqués pour ajuster l'équilibre. Il semblerait donc que c'est parmi les balances de ces diverses catégories que devraient être recherchées les balances les plus commodes pour les bureaux de poste. Mais alors surgit la difficulté de trouver des appareils qui soient suffisamment sensibles dans toute une large zone de pesée : depuis des poids d'une vingtaine de grammes jusqu'à des poids de deux ou même de trois kilogrammes.

Plusieurs types de balances à lecture directe ont été essayés dans le service postal. Nous décrirons d'abord un appareil assez ancien, qui ne peut d'ailleurs servir que comme pèse-lettres et

Digitized by Google

pour des lettres pesant moins de 140 grammes : c'est le pèse-lettres de Janisch.

Pèse-lettres de Janisch. — Le pèse-lettres de Janisch est gradué pour classer immédiatement un objet dans l'une des sept catégories :

0	à	20	grammes,
20	à	40	—
40	à	60	—
60	à	80	—
80	à	100	—
100	à	120	—
120	à	140	—

(catégories pour les affranchissements des lettres dans le service international).

L'indication apparaît dans une fenêtre, derrière laquelle se déplace une bande de papier sur laquelle sont imprimés les poids limites des diverses catégories, ou, ce qui revient au même, les tarifs d'affranchissement correspondants.

Le mécanisme comporte une série de sept contrepoids, qui sont des couronnes cylindriques d'axe commun et qui entrent successivement en jeu par le soulèvement du levier de la balance au fur et à mesure que le poids de la lettre à peser la fait passer d'une catégorie à une autre. La figure 2 représente quelques détails d'exécution de ce pèse-lettres. Il est employé dans plusieurs bureaux de poste français, notamment à celui de la rue Gluck, à Paris. L'appareil a été construit par les ateliers de l'administration des Postes et Télégraphes.

Il ne peut servir, bien entendu, qu'à peser les lettres ordinaires et non pas les lettres avec valeur déclarée, pour lesquelles on a besoin de connaître non seulement la catégorie par échelons de 20 grammes, mais encore le poids exact.

Balance à lecture directe sur un cadran à graduation continue. — C'est dans cette catégorie de balances que sont classés des appareils bien connus dans le commerce et que le

Digitized by Google

public trouve depuis quelques années dans les boutiques des charcutiers, bouchers, boulangers, etc... La balance porte un seul plateau sur lequel on dépose l'objet à peser (voy. la figure 3). Le mécanisme des leviers agit, par l'intermédiaire d'un ruban flexible, sur une aiguille mobile devant un éventail vertical, et la déviation de cette aiguille, grâce à une came sur laquelle s'enroule le ruban flexible, est proportionnelle au poids de l'objet à peser.

Il importe de considérer qu'avec ces instruments l'erreur absolue susceptible de se produire varie dans des limites assez restreintes sous les différentes charges ; d'où cette conséquence que les faibles pesées peuvent être affectées d'une grosse erreur relative.

D'après les prescriptions de la commission de métrologie usuelles en France (circulaire du 17 mars 1913 du ministre du Commerce et de l'Industrie), les appareils de pesage à lecture directe sur un cadran doivent satisfaire à la fois aux deux conditions suivantes :

1° la limite supérieure de l'erreur absolue doit être exprimée par le millième de la portée maximum ;

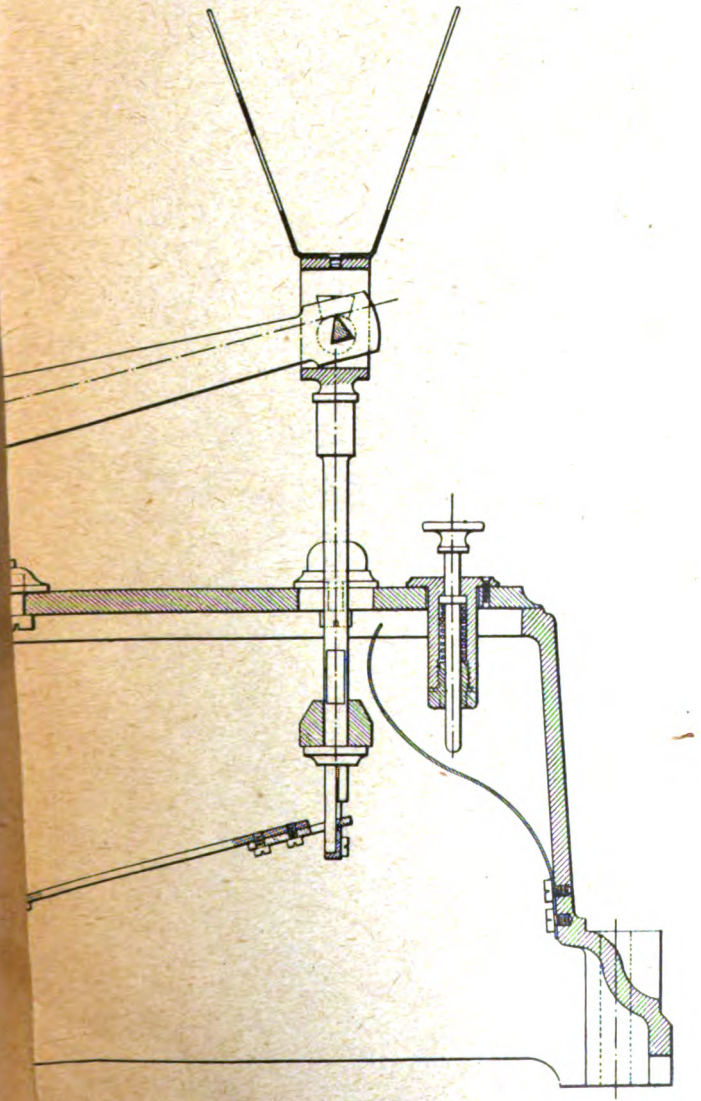
2° *l'erreur relative ne doit pas dépasser le centième d'une charge quelconque.*

Nous allons développer, dans la suite de cet article, les conclusions qui découlent de ces deux règles en ce qui concerne le service de la poste ; mais auparavant, il est nécessaire que nous rappelions quelles sont les principales catégories de correspondances manipulées par la poste et quelles sont les limites extrêmes des poids admis pour chaque correspondance de chaque catégorie et pour chaque échelon de tarif.

Diverses catégories de correspondances à transporter. — Dans les bureaux de poste, les balances peuvent servir à peser les catégories d'objets suivantes :

1. les échantillons jusqu'à 500^{g} de poids limite ;
2. les lettres ordinaires » 2000 » (s^{ce} int^{l})
3. les imprimés » 3000 »

Digitized by Google



se-lettres de Janisch.

Digitized by Google

Digitized by Google

Pour les *échantillons*, les échelons de tarif varient de 100 en 100 grammes dans le service intérieur et de 50 en 50 grammes dans le service international.

Fig. 3.

Pour les *lettres ordinaires*, le premier échelon de tarif est défini par le poids de 20 grammes; les échelons suivants sont également définis par 20 grammes chacun dans le service international.

Pour les *imprimés*, dans le service international, les échelons de tarif varient de 50 en 50 grammes. Pour les *journaux*,

Digitized by Google

dans le service intérieur, les échelons varient de 25 en 25 grammes.

Ceci dit, pour définir la pesée, il faudrait expliciter les tolérances de poids qui pourraient être admises pour chaque objet lorsqu'il se trouve à la limite d'un échelon de tarif. Comme il n'y a encore aucun accord international qui définisse ces tolérances, nous réservons cette question et nous allons nous borner à faire l'examen critique du cadran des modèles usuels de balances à lecture directe, eu égard au service des bureaux de poste.

Graduation des cadrans de balances à lecture directe. — Le lecteur consultera la figure 2, qui représente une balance à lecture directe d'un modèle moderne à déviations proportionnelles à la charge et d'une marque commerciale fort répandue dans le commerce ; le cadran de cette balance est gradué pour des pesées comprises entre 100 grammes et 1 kilogramme ; il porte une zone neutre pour toute pesée au-dessous de 100 grammes. Dans la zone utile, graduée de 100 à 1.000, les graduations sont espacées l'une de l'autre de $1^{mm},5$ environ et représentent chacune une variation de 10 grammes.

Si nous admettons, conformément au principe posé par la commission de métrologie usuelle en France, que l'erreur relative ne doit pas dépasser le centième d'une charge quelconque, on se rend compte que, pour une pesée de cent grammes, il faudrait apprécier la position de l'aiguille à 1/10 de division près, ce qui constituerait un véritable hasard pour la plupart des expérimentateurs. On peut donc affirmer que la balance en question permet difficilement de peser 100 grammes à 1 gramme près. Cela n'a peut-être pas beaucoup d'importance pour les marchandises communes ; mais il est indiscutable que le service de la poste doit être plus rigoureux, ne serait-ce que pour ne pas encourager le public à abuser des tolérances.

Ajoutons que, pour la poste, il est nécessaire que la zone neutre n'aille pas au delà de 20 grammes. Cela impliquerait, avec une erreur relative d'un centième, une déviation franche-

Digitized by Google

ment appréciable pour une surcharge de $0^{g},2$ et capable de faire l'objet d'une graduation. Si les traits d'une telle graduation étaient, par exemple, espacés de $0^{mm},5$ on voit que 10 grammes devraient donner une déviation de $0,5 \times \frac{10}{0,2} = 25^{mm}$. Nous sommes loin des $1^{mm},5$ que nous avions précédemment.

Certes, il n'est pas impossible de demander à un fabricant de balances de construire une balance à lecture directe de cette sensibilité; mais il va aussitôt surgir d'autres difficultés, du fait de la limite supérieure de la pesée inscrite au cadran. Si l'on admet, par exemple, que le cadran ne puisse avoir une longueur totale supérieure à 25 centimètres, dans la balance idéale que nous voulions définir la graduation totale du cadran ne pourrait servir à faire de pesées supérieures à $\frac{25}{2,5} \times 10 = 100$ grammes; on aurait donc une balance de 20 à 100 grammes avec zone neutre 0—20. Une telle balance serait loin de suffire aux besoins de la poste, puisque l'on est souvent obligé de peser des paquets atteignant jusqu'à 3 kilogrammes. Nous allons voir par quels artifices on pourrait ou l'on devrait se tirer d'affaires.

Séries de balances. — On pourrait évidemment avoir une série de balances choisies de telle sorte que la zone neutre de chacune d'elles fût fixée pour la même valeur numérique que la portée totale de la balance qui la précède dans la série.

Considérons :

une première balance dont la zone neutre s'étend de 0 à 20 grammes et la graduation utile de 20 à 100 grammes ;

une seconde balance dont la zone neutre s'étend de 0 à 100 grammes et la graduation utile de 100 à 500 grammes ;

une troisième balance dont la zone neutre s'étend de 0 à 500 grammes et la graduation utile de 500 à 2.500 grammes ;

de même à 3.000 grammes, pour atteindre la limite des poids autorisés dans les transports postaux.

Toutes ces balances jouiront de la propriété commune que, pour des graduations géométriquement superposables, elles correspondront à une erreur relative constante.

Digitized by Google

On pourrait donc, avec une série de trois balances à lecture directe, satisfaire très exactement à tous les besoins de la poste. On objectera que l'installation de trois balances distinctes est onéreuse et encombrante. Il convient donc de chercher à réduire ce nombre.

Cadrans à plusieurs lectures. — Au lieu d'avoir une série de balances pour différentes portées limites, on peut imaginer des balances à changement possible de portée, commandé par un mécanisme convenable, et à changement de lecture correspondant sur le cadran indicateur.

Les changements de portée sont obtenus par un contrepoids additionnel, selon la description qui sera fournie un peu plus loin.

Sachons seulement, pour l'instant, que l'on peut, à chaque manœuvre, transporter la portée utile d'une quantité constante et transformer, par exemple, la balance 0 — 100ᵍ en une balance 100 — 200ᵍ dépourvue de zone neutre. En admettant que l'erreur absolue sur chaque pesée soit restée constante (1), l'erreur relative sur les pesées deviendra de plus en plus petite.

Ainsi, une balance à lecture directe qui permettrait, selon les besoins, de changer facilement de cadran, permettrait également de peser un objet sans ambiguïté sur le choix du cadran à faire et avec une erreur relative de pesée toujours inférieure à un centième.

Le changement de portée peut-il, à lui tout seul, résoudre les problèmes qui se posent dans l'exploitation postale? Si l'on commence à opérer sur une balance 0 — 100ᵍ, il faudrait pouvoir réaliser trente changements de portée successifs pour atteindre le poids limite de 3.000 grammes autorisé dans les relations postales. Cela serait déjà impossible. D'un autre côté, il est tout à fait inutile d'augmenter la sensibilité relative des pesées à mesure que les objets sont plus lourds, et il suffirait bien de maintenir constante cette sensibilité.

(1) Ce qui revient à admettre que les subdivisions de cadran, en certains intervalles, restent valables malgré le changement de portée.

Digitized by Google

Combinaison d'une série de deux balances avec des cadrans à plusieurs lectures. — On pourrait, à notre avis, adopter deux types de balances, chacune avec des cadrans à lectures multiples, à savoir : une balance pour les objets légers

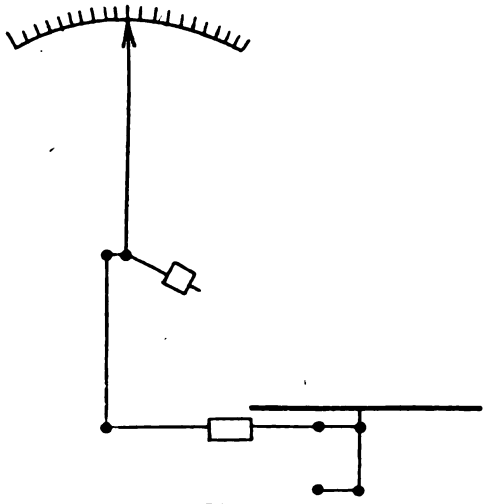


Fig. 4.

(moins de 200g) et une balance pour les objets lourds (plus de 200g) :

1re balance (balance à 2 lectures)	1re lecture :	— zone neutre : 0 — 20g ;	zone utile : 20 — 100g ;
	2e »		100 —200g ;
2e balance (balance à 3 lectures)	1re lecture :	— zone neutre : 0 — 200g ;	zone utile : 200 — 1000g ;
	2e »		: 1000 — 2000g ;
	3e »		: 2000 — 3000g.

La balance du premier type n'existe pas encore dans le commerce ; mais celle du second type est, à quelques modifications près, un modèle commercial déjà courant.

Il n'y aurait pas plus de balances dans l'exploitation postale qu'avec les deux types actuels représentés sur la figure 1 et qui sont déjà spécialisés pour les objets légers ou pour les objets lourds. La manipulation des nouvelles balances serait très rapide et l'on pourrait peut-être en laisser la libre disposition au public lui-même.

Digitized by Google

Nous allons maintenant décrire les mécanismes les plus usuels des balances modernes à lecture directe et à déviation proportionnelle au poids à peser.

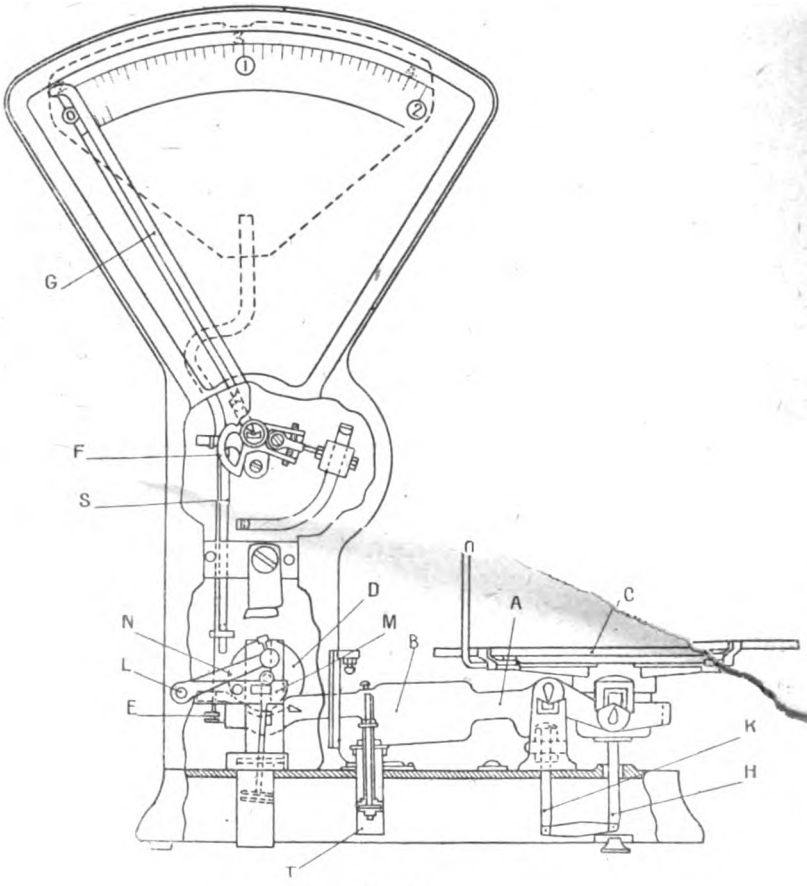


Fig. 5.

Description d'une balance à lecture directe. — Nous avons choisi l'un des types de balances dont l'emploi est autorisé en France par la commission de métrologie usuelle, à savoir la balance « Thémis » de la société « L'Outillage moderne ». Ce n'est pas une balance pour la poste, mais un appareil à l'usage des commerçants (zone neutre de 200 grammes pour une portée de 2 kilos).

Digitized by Google

Le principe du mécanisme est représenté très schématiquement par la figure 4, et le mécanisme lui-même est dessiné avec détail dans la figure 5 qui est une vue de face de la balance en supposant tout le coffrage protecteur enlevé. Ce mécanisme comprend le levier A (fig. 5) à bras inégaux, dont l'un des bras contient le contrepoids B nécessaire pour équilibrer le plateau C, lequel repose sur les couteaux du petit bras.

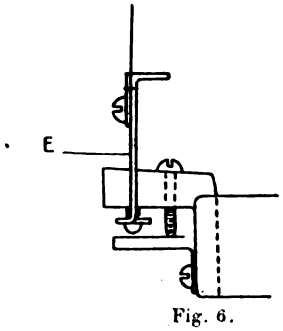


Fig. 6.

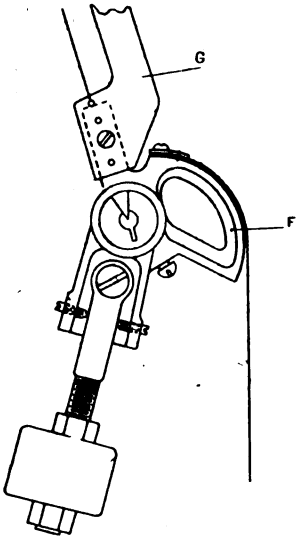


Fig. 7.

Le grand bras porte à son extrémité un pointeau qui appuie sur un étrier E. Comme cette portion de la figure 5 est un peu confuse, un détail d'exécution en est donné sur la figure 6. L'étrier E est relié par un *ruban d'acier flexible* à la came F, *laquelle forme le petit bras du peson*. Le détail mécanique de la came F est donné en demi-grandeur par la figure 7. Sur ce peson, est fixée l'aiguille G qui se déplace devant le cadran gradué de la balance.

Une pièce K, reliée au porte-tige H, assure l'horizontalité du plateau de la balance pendant l'oscillation.

Un amortisseur à huile T est réglé de manière à ralentir le mouvement du système, et même à l'arrêter lorsque l'objet à peser est jeté trop violemment sur le plateau.

Digitized by Google

La balance que nous décrivons possède également un mécanisme de changement de portée par la manœuvre d'un contrepoids additionnel. Ceci peut donner une idée des combinaisons qui seraient nécessaires dans une balance pour le service postal.

En se reportant à la figure 5, on voit en D un contrepoids convenable pour doubler la portée de la balance. Ce contrepoids repose dans la fourche M. Un bras de levier N, se trouvant à l'extérieur du coffrage de la balance, permet de faire pivoter la fourche M autour de l'axe L et de dégager le contrepoids D, qui tombe alors sur le levier principal A.

En même temps que l'on opère le changement de portée, le mécanisme de cette balance fait apparaître des chiffres indicatifs dans des fenêtres percées sur le cadran. Dans cette nouvelle position, la balance permet les pesées et les lectures de 2 à 4 kilos.

Nous ne pouvons entreprendre ici la description de toutes les balances qui existent dans le commerce. Nous ferons cependant encore mention d'une balance fort curieuse, due à M. Getzmann, et qui permet dix changements successifs de portée. Conçue pour une première portée de 500 grammes (zone neutre de 50 grammes), les poids additionnels sont déposés successivement par une manivelle à cames multiples, et la portée passe successivement de 0—500 à 500—1.000, puis à 1.000—1.500 etc..., jusqu'à la portée de 4.500—5.000 obtenue au dixième tour de manivelle. Le numéro d'ordre de la portée actuelle apparaît constamment dans une fenêtre pour empêcher les erreurs de lecture. En tournant la manivelle en sens inverse, on ramène, tour par tour, la portée à des valeurs de plus en plus faibles.

On voit, par les explications sommaires que nous avons données sur les mécanismes des balances modernes à lecture directe, que ces appareils peuvent se prêter à des combinaisons d'exploitation très variées.

Digitized by Google

ESSAIS EFFECTUÉS SUR QUELQUES PARAFOUDRES A L'AMALGAME DE POTASSIUM,

Par L.-J. COLLET,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Il a été soumis à l'examen du Service d'Études et de Recherches Techniques, des parafoudres à l'amalgame de potassium, fonctionnant sous des tensions relativement basses (inférieures à 100 volts) ; ces parafoudres sont destinés à être intercalés entre les deux fils d'un circuit, pour assurer la protection des opératrices contre les chocs acoustiques.

Ces parafoudres se présentent sous la forme de petites ampoules de verres, scellées dans deux électrodes métalliques : leurs dimensions extérieures sont les mêmes que celles de certains parafoudres utilisés notamment en Allemagne et en Suisse. En service, ils doivent obligatoirement être disposés verticalement.

Les essais effectués en laboratoire, sur ces parafoudres, ont fait ressortir, en premier lieu, l'existence de deux régimes de fonctionnement ; l'existence d'une caractéristique volts-ampères.

Suivant les conditions d'alimentation des parafoudres, on peut observer des phénomènes de deux sortes :

Un régime que nous appellerons régime d'effluves : le tube s'éclaire entièrement en rouge : l'intensité du courant qui le traverse alors est relativement faible, la tension aux bornes relativement élevée.

Un régime que nous appellerons régime d'arc : le tube est traversé par une sorte de trait de feu, de teinte violette pâle. L'intensité du courant qui le traverse alors est relativement grande et ne paraît pas limitée : la tension aux bornes est alors relativement basse.

Digitized by Google

Au cours des essais effectués, il a été donné de reconnaître que dans le régime d'effluves, il existe une relation entre la tension aux bornes du parafoudre et l'intensité du courant qui le traverse.

Une première série d'essais effectués a été conduite de la manière suivante : on applique, aux bornes du parafoudre, une certaine tension (mesurée au voltmètre) au moyen d'un réducteur de batterie d'accumulateurs, et à travers une résistance variable. On mesure, au moyen d'un milliampèremètre le courant traversant le parafoudre.

En faisant varier, sous certaines précautions, la tension

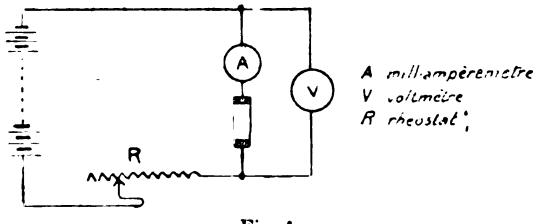


Fig. 1.

du réducteur et la résistance du rhéostat, on peut faire varier la tension aux bornes du parafoudre et le courant débité.

En reportant les points représentatifs sur un diagramme, on constate que ces points se groupent au voisinage d'une ligne assez sensiblement droite (voir les graphiques relatifs à deux échantillons, numérotés II, III) (fig. 2 et 3).

Toutefois, au cours des essais, il a été donné de faire les constatations suivantes :

a) Le parafoudre ne s'amorce que lorsque la tension appliquée aux bornes dépasse une certaine valeur : sitôt que l'amorçage a eu lieu, il est possible d'entretenir un effluve en maintenant une tension un peu inférieure.

b) Le parafoudre ne demeure pas identique à lui-même : des essais faits à des moments différents permettent de relever des caractéristiques un peu différentes. Voir à ce sujet le diagramme relatif au parafoudre III.

c) En inversant le sens des tensions appliquées, on relève

Digitized by Google

des caractéristiques différentes, mais qui pourtant sont assez voisines l'une de l'autre.

d) Lorsque le parafoudre débite, surtout si les courants qui le

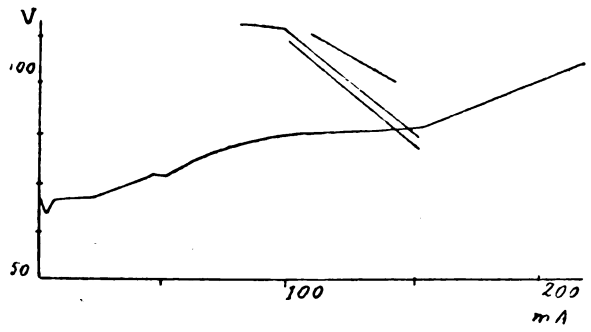


Fig. 2.

traversent sont déjà un peu élevés (de l'ordre de 100 milliampères, par exemple) le point de fonctionnement du parafoudre varie : si on applique la tension d'une batterie d'accu-

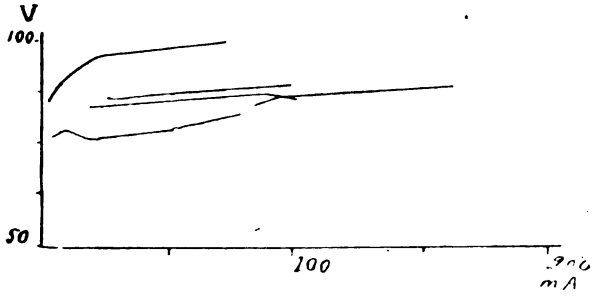


Fig. 3.

mulateurs (tension fixe E), à travers une résistance fixe R aux bornes d'un parafoudre, on observe simultanément une élévation du potentiel (E — RI) appliqué aux bornes du tube, et une diminution du courant I qui le traverse. Ceci a été représenté sur le diagramme relatif au parafoudre n° II, par les trois branches qui se détachent de la caractéristique principale. Malgré tout, si on cherche à figurer les points relatifs à la décharge commençante d'un tube que l'on a laissé se reposer

Digitized by Google

quelques minutes, si surtout, on ne se pique pas d'une précision qui serait déplacée dans un tel genre d'études, on voit se justifier la notion d'une caractéristique à peu près rectiligne en régime d'effluves.

e) Il semble que l'effluve ne puisse être observé qu'autant que les conditions extérieures permettent seulement le passage dans l'appareil d'une intensité limitée.

L'appareil débitant un certain courant, si par l'augmentation du nombre d'éléments appliqués ou la diminution de la résistance en série, on cherche à élever la tension aux bornes du parafoudre, ou le courant débité, on observe le passage au régime d'arc, caractérisé par le passage subit d'un courant beaucoup plus intense et une chute brutale de la tension aux bornes du tube.

La valeur de cette intensité limite (maximum de l'intensité compatible avec le régime d'effluves), n'est pas absolument invariable. En particulier on constate parfois que pour des conditions extérieures inchangées, le tube passe spontanément du régime d'effluves au régime d'arc, puis revient au régime d'effluves.

Toutefois, il semble que dans la pratique des applications, on puisse admettre l'existence d'une intensité limite qui serait de l'ordre de 180 milliampères.

Il est vraisemblable qu'il serait possible de tracer une caractéristique d'arc, analogue à la caractéristique d'effluves.

Nous n'avons pas tenté de le faire, d'une part pour ménager les batteries d'accumulateurs qui ont été utilisées, d'autre part, parce que l'intérêt de la chose nous a paru des plus douteux. Il nous a paru suffisant de noter que la tension aux bornes du parafoudre fonctionnant en régime d'arc est très basse, de l'ordre de 5 à 15 volts : en fait, on ne saurait dans la pratique commettre grande erreur en assimilant le parafoudre travaillant en régime d'arc, à un court-circuit franc.

Au cours des mesures, il a été permis de remarquer que le fonctionnement du parafoudre en régime d'arc, même assez

Digitized by Google

peu prolongé, peut changer notablement la caractéristique d'effluves, et notamment élève la tension d'amorçage. Cependant le tube paraît reprendre à peu près ses caractéristiques initiales après qu'on l'a laissé se reposer.

Il ne nous appartient pas de rechercher quelles lois physiques régissent les phénomènes qui se passent à l'intérieur du tube : il suffit aux besoins de l'Administration des P.T.T. de savoir comment le parafoudre constitué essentiellement par un organe comportant deux bornes accessibles, est susceptible de réagir sur une installation extérieure.

Cependant, on peut s'expliquer les irrégularités du fonc-

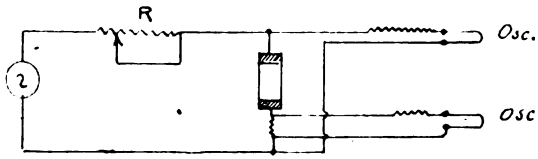


Fig. 4.

tionnement de l'appareil, en admettant d'une part, que l'échauffement produit par le passage du courant modifie à l'intérieur du tube les distances, les surfaces extérieures des électrodes, et d'autre part, que le passage de la décharge électrique modifie peut-être la nature des gaz traversés.

De là, résulterait que la régularité du fonctionnement d'un tel parafoudre pourrait dépendre considérablement du soin apporté à sa réalisation matérielle.

Nous insistons sur cette remarque parce qu'il nous a été donné d'examiner des parafoudres à gaz (de type et de fabrication tout à fait différents) tels que les phénomènes élémentaires, se produisant à l'intérieur du tube, semblaient régis par les mêmes lois physiques que dans le cas actuel, mais où cependant l'effet intégral, observable à l'extérieur, était d'une telle irrégularité, que le relevé de caractéristiques de volts-ampères n'a pu être fait.

Les essais précédents ayant été effectués sous tension constante, il convenait de rechercher comment se comporte le parafoudre, lorsqu'il est soumis à une tension variable.

Digitized by Google

Dans cet esprit, on a effectué quelques prises d'oscillogrammes dans les conditions suivantes :

La tension du secteur était appliquée aux bornes du parafoudre à travers un rhéostat de résistance variable R.

Les équipages de l'oscillographe étaient disposés de manière à donner :

1° la courbe des tensions aux bornes du parafoudre,

2° la courbe des courants débités dans le parafoudre.

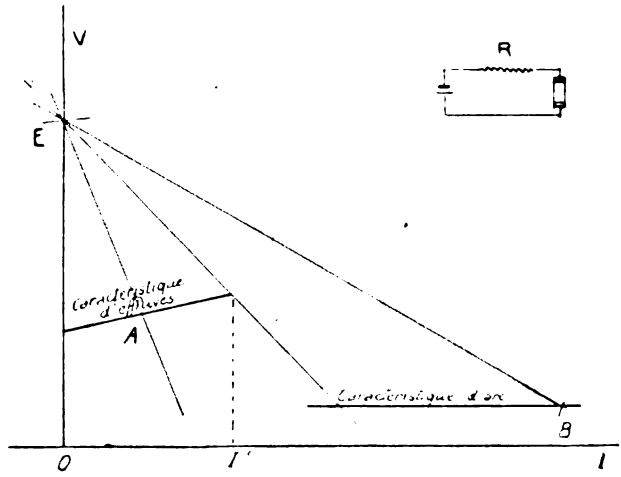


Fig. 5.

On n'a pas cherché à faire des mesures quantitatives.

Les oscillogrammes relevés s'interprètent très bien en admettant l'existence de la caractéristique volt-ampères d'effluves, et l'existence de l'intensité limite du régime d'effluves.

Précisons ces points :

Supposons qu'à un instant donné, on applique à l'ensemble d'une résistance R et d'un parafoudre en série, une force électromotrice E : voyons comme peut se déterminer le régime de fonctionnement du parafoudre et l'intensité débitée.

Sur le diagramme volt-ampères (fig. 5), on figure déjà la caractéristique d'effluves, on peut reporter la valeur E le long de l'axe des volts.

D'après la loi d'Ohm, la relation existant entre la différence

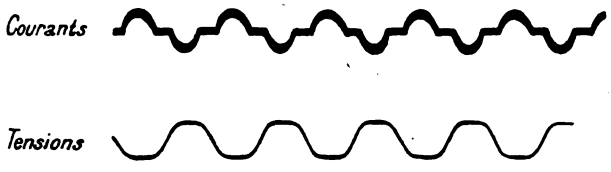
Digitized by Google

de potentiel V aux bornes du parafoudre et l'intensité débitée I est :

$$V = E - R I.$$

Pour toutes les valeurs possibles de I, le point représentatif correspondant de V est sur une droite d'origine E, de pente (— R). Si cette pente est suffisamment grande, cette droite rencontre la caractéristique d'effluves : il s'établit un régime représenté par un point tel que A.

Si E est supérieur à la tension correspondant à l'intensité limite, Ic et si en outre la résistance R est suffisamment



Oscillogramme n° 1.

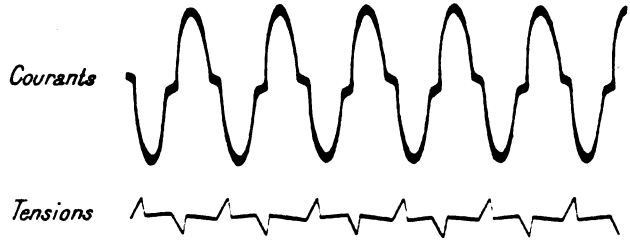
faible, la caractéristique d'effluves n'est plus rencontrée : on a un arc. Ainsi que nous l'avons dit, il semble que la caractéristique d'arc puisse sans grande erreur être assimilée à l'axe des intensités. Il semble également que la caractéristique d'arc comporte une intensité limitée minima. Il paraît vraisemblable d'admettre qu'un arc ne peut être observé qu'autant que les conditions extérieures correspondent au cas où le régime d'effluves est dépassé. Dans la réalité, l'arc serait précédé d'un effluve instable et de durée imperceptible.

Dans la prise des oscillogrammes, on a donné à R des valeurs telles que, sous la tension du secteur, on pût pendant une alternance, observer soit un effluve, soit un arc suivant le cas.

Lorsqu'il y a effluve (voir oscillogramme n° 1), la courbe des tensions, au lieu d'être une sinusoïde pure, est en quelque sorte écrêtée. Au début d'une alternance, rien ne passe dans le parafoudre : lorsque la tension atteint la tension d'amorçage, on peut constater sur la courbe des tensions un léger crochet : la tension varie ensuite assez peu, cependant qu'il passe

Digitized by Google

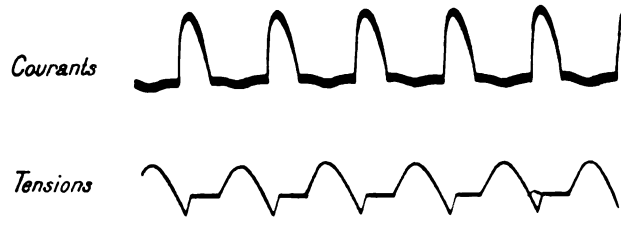
dans le parafoudre un courant croissant, puis décroissant : le maximum du courant correspond au maximum qui serait observé sur la sinusoïde des tensions, si le parafoudre était enlevé on ne fonctionnait pas. Lorsque la tension instantanée



Oscillogramme n° 2.

est revenue à une valeur un peu en dessous de la tension d'amorçage, le parafoudre ne fonctionne plus.

Sur l'oscillogramme n° 2, on voit ce qui se passe lorsque, la résistance extérieure étant suffisamment petite, on a un



Oscillogramme n° 2 *bis*.

régime d'arc. Lorsque la tension instantanée a atteint le point d'amorçage, il y a, aux bornes du parafoudre une chute subite de tension, par suite du passage dans le tube d'un courant intense : le fonctionnement du tube produit comme un court-circuit franc.

Le parafoudre étudié (n° II) semble fonctionner de façon un peu dyssymétrique, suivant la polarité des tensions appliquées à ses bornes. Cette dyssymétrie est cependant peu accusée. Par contre, nous avons pu observer un parafoudre qui donne un arc pour les alternances d'un certain sens, et semble ne donner que des effluves très peu intenses pour les alternances de sens contraire (oscill. n° 2 *bis*).

Digitized by Google

Les considérations qui précèdent sont d'ordre général et des essais effectués sur des parafoudres dits à gaz raréfié de type et construction différents, ont permis de deviner des choses analogues : nous disons deviner, car, ainsi que nous l'avons indiqué déjà, l'irrégularité de leur fonctionnement n'a pas permis un relevé un peu certain de caractéristiques. Quoi qu'il en soit, il nous est permis maintenant de discuter quelle protection peut être assurée contre les chocs acoustiques, par l'insertion d'un parafoudre à l'amalgame de potassium, entre les fils d'un circuit exposé à ce genre de troubles.

Si le choc acoustique devait avoir pour cause la décharge prompte d'une ligne, chargée comme le serait un condensateur, à une tension notablement supérieure à la tension d'amorçage du parafoudre, il arriverait que le parafoudre fonctionnerait instantanément, généralement en régime d'arc, au moins au début, et shunterait le récepteur. Le toc perceptible dans le récepteur sera considérablement moins intense qu'il ne l'eût été en l'absence du parafoudre.

Nous avons tenu à vérifier le fait en produisant la décharge de condensateurs à travers un récepteur téléphonique shunté par un parafoudre : à moins de ratés, rares d'ailleurs, du parafoudre, nous avons constaté l'efficacité de la protection. Nous devons reconnaître toutefois qu'elle n'est pas parfaite : le toc que l'on perçoit étant encore bien désagréable.

Il en va tout autrement si le choc acoustique provient de l'application pendant quelques alternances d'une force électromotrice sinuosoïdale de valeur efficace excessive. A chaque alternance, le parafoudre fonctionne.

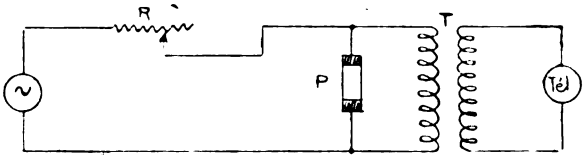
Si les impédances qui interviennent pour déterminer les intensités des courants mis en jeu, sont suffisamment élevées pour que le tube fonctionne en régime *d'effluves*, la courbe des tensions appliquées au récepteur est à peine écrêtée : le courant traversant le récepteur est à peine réduit et le bourdonnement produit est à peine amoindri.

Par contre, s'il peut se produire le régime d'arc, il y a un arc par alternance : on perçoit dans le récepteur par alternance

Digitized by Google

un choc brutal beaucoup plus désagréable encore que ne serait le bourdonnement extraordinairement intense que l'on percevrait en l'absence du parafoudre.

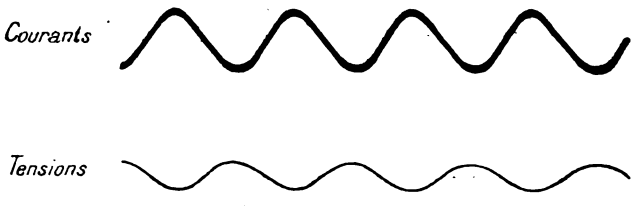
Nous avons trouvé ce fait relaté, sans explication d'ailleurs, dans la presse technique étrangère, et nous avons pu



R _ Rhéostat
P _ Parafoudre
T _ Transformateur téléphonique
Tel _ Récepteur téléphonique

Fig. 6.

l'observer en laboratoire, par exemple, en appliquant directement la tension du secteur aux bornes du primaire d'un transformateur dont le secondaire était fermé sur un récepteur



Oscillogramme n° 3.

téléphonique. Le parafoudre était disposé entre les bornes du primaire.

Quelques oscillogrammes, pris dans ces conditions, illustrent le fait.

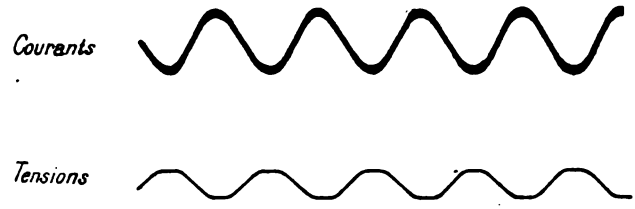
Les équipages étaient disposés de manière à donner simultanément la courbe des tensions aux bornes du primaire du transformateur, et la courbe des courants dans le récepteur téléphonique.

Sur l'oscillogramme 3, pris en intercalant en série avec le transformateur une résistance relativement élevée, on voit que la courbe des tensions, côté primaire, est légèrement écrê-

Digitized by Google

tée, que par contre, la courbe des courants dans le récepteur est une sinusoïde très peu altérée.

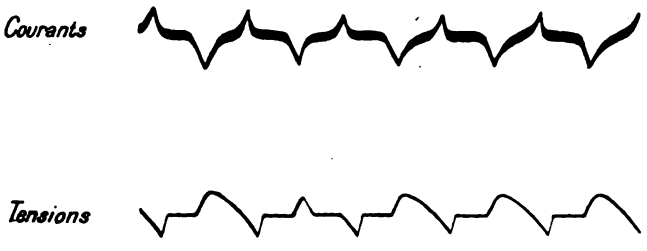
Sur l'oscillogramme 4 (résistance plus faible), les deux courbes sont écrêtées : mais la courbe des courants l'est relativement peu.



Oscillogramme n° 4.

L'oscillogramme 5, pris en n'intercalant qu'une faible résistance, donne lieu à quelques constatations curieuses.

L'effet d'un régime trop brutal, maintenu quelques instants, est de dérégler un peu le fonctionnement du parafoudre :



Oscillogramme n° 5.

celui-ci n'a donné d'arc aux deux alternances, que pour quelques périodes, espacées les unes des autres et vers le début du phénomène. Dans l'ensemble, il accuse une dyssymétrie de fonctionnement suivant la polarité de la tension appliquée.

Dans le secondaire, il semble que le courant soit limité en intensité. Mais, à chaque amorçage d'arc dans le parafoudre, correspond un accroissement extrêmement rapide du courant, dont l'effet est de produire un choc de la membrane.

Aux alternances pendant lesquelles ne s'est pas produit

Digitized by Google

d'arc, la forme de la courbe de tension est une altération de la sinusoïde : il semble bien qu'il y ait eu passage d'un courant d'effluves. Nous pensons que la présence d'inductances dans le circuit a compliqué un peu le phénomène et contribué à ces déformations de courbes.

Conclusions. — Les essais de laboratoire permettent de se rendre compte des conditions de fonctionnement d'organes, comme les parafoudres qui ont été étudiés, mais ils ne sont pas suffisants pour se prononcer sans appel sur leur efficacité en service.

De ce qui précède, il semble toutefois bien résulter que les parafoudres à l'amalgame de potassium ne sont pas susceptibles de réduire tout danger de choc acoustique, que même dans certains cas, ils peuvent contribuer à accroître l'importance du trouble, que toutefois ils peuvent vraisemblablement rendre parfois des services, comme organes complémentaires de protection, associés à d'autres dispositifs judicieusement choisis.

Quoi qu'il en soit, il nous a paru que l'étude de ces parafoudres présentait un certain intérêt ; nous avons l'impression que, à des différences d'échelle près, les faits constatés sur ces tubes peuvent se retrouver dans l'étude d'autres parafoudres à vide, avec une netteté plus ou moins grande. L'étude de parafoudres dont la tension de fonctionnement est déjà élevée, présente certaines difficultés d'ordre pratique, si on veut réduire au minimum le nombre des appareils de mesure qu'il convient de sacrifier et de vouer à une destruction par arcs intempestifs. Un aperçu de l'allure générale des phénomènes à observer doit permettre de multiplier les précautions à prendre lors des expériences de recherche.

Digitized by Google

MÉTHODE DE CALCUL DES EMBASES DE PYLONES,

Par J.-H. GOSSELIN,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Le développement des distributions d'énergie électrique et l'extension des réseaux téléphoniques exigent fréquemment, pour supporter les lignes, l'emploi de pylônes de grande hauteur et de résistance considérable. Le calcul de ces ouvrages, en ce qui concerne la partie hors du sol, est basé sur des méthodes bien connues dont la valeur théorique et expérimentale n'est plus à démontrer; mais il n'en est pas de même pour les embases.

On se contente en général de vérifier :

1° que le poids par centimètre carré de surface d'embase est inférieur à une certaine limite dépendant de la nature du terrain ;

2° que le moment de renversement maximum qui doit être supporté par le pylône est équilibré par le moment du poids total pris par rapport à l'arête de l'embase vers laquelle la chute tend à se produire.

Or le premier calcul suppose que la pression est uniformément répartie sous l'embase, ce qui n'est pas du tout vrai, à cause de l'importance des forces latérales qui s'exercent sur de tels ouvrages et qui augmentent considérablement la pression du côté vers lequel le pylône est tiré. Le second calcul revient à admettre que le sol est infiniment résistant, puisqu'on suppose que le renversement tendrait à se produire autour de l'arête de l'embase, ce qui est loin d'être exact. Il est d'ailleurs d'expérience courante que, lorsqu'un pylône cède sous l'influence d'une charge de givre ou d'un vent violent, l'accident n'est jamais dû à la rupture du corps en treillis de fer ou en ciment armé, mais au renversement de l'ensemble de la construction

Digitized by Google

qui pivote tout d'une pièce en arrachant ses fondations hors du sol.

Deux autres raisons motivent aussi l'importance d'une analyse raisonnée de la résistance des embases. En effet, les pylônes d'angle doivent soutenir des efforts latéraux importants, qui se chiffrent par dizaines de tonnes dans le cas de lignes téléphoniques doubles. Si l'on suppose que l'embase est simplement posée sur le sol, on est conduit à prévoir des volumes de béton et des fouilles dont le prix est loin d'être négligeable et qu'il est intéressant de pouvoir réduire en tenant compte de l'encastrement dans le sol.

Enfin il arrive souvent, que la surface dont on dispose pour établir l'embase est très exiguë. C'est notamment le cas lorsque le pylône doit être établi entre deux voies ferrées, aux abords des gares ou sur le bas-côté d'une route. Dans ce cas, on est obligé d'augmenter la profondeur de l'embase, et l'on ne peut plus alors considérer l'ouvrage comme simplement posé sur le sol.

La méthode de calcul qui suit permet de déterminer avec précision les pressions réelles qui s'exercent sur chaque partie de la surface d'un ouvrage encastré dans le sol et conduit, comme on le verra sur un exemple, à des formes nouvelles d'embases en ciment armé, d'encombrement réduit et permettant des économies notables sur le prix des fouilles et du béton.

1. Exposé général. — Considérons une embase de forme quelconque, telle que ABCDEFGH (fig. 1). Supposons-la soumise à un système de forces dont les éléments de réduction par rapport à un point donné quelconque O sont :

1° une composante horizontale X,

2° une composante verticale Y,

3° un moment de renversement $\mathcal{M}$.

Dans ce système, nous comprenons toutes les forces extérieures auxquelles est soumis l'ouvrage (poids des fils et de l'armement, du corps du pylône, poids propre de l'embase, poussée du vent sur les fils et sur le pylône, tirage latéral des fils pour

Digitized by Google

un appui d'angle) en exceptant uniquement les réactions exercées par le sol sur les faces de l'embase.

Les valeurs de X, Y et $\mathcal{M}$ seront donc des quantités données par les conditions du problème.

Sous l'influence de ce système de forces, la terre voisine de

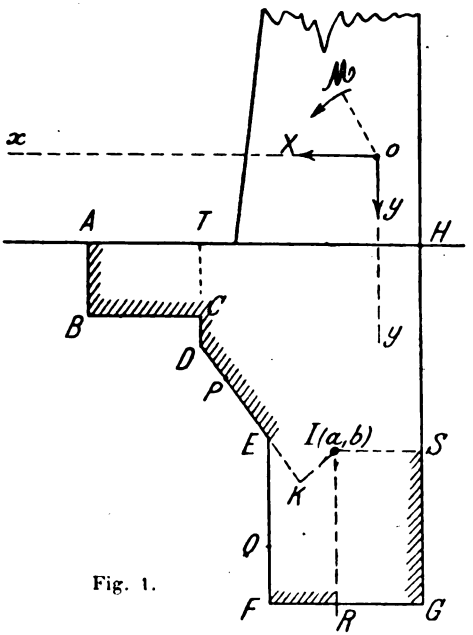


Fig. 1.

certaines parties de l'embase se comprimera et l'ensemble de l'ouvrage subira un petit déplacement parallèle au plan de la figure. Or, on sait que le déplacement le plus général d'un solide parallèlement à un plan fixe peut toujours être réduit à une rotation autour d'un point. Soit I ce point, jusqu'ici inconnu.

Il est facile de savoir quelles seront les parties de la surface de l'embase sous lesquelles le sol sera comprimé. Il suffit pour cela de considérer le déplacement d'un point quelconque P pendant la rotation autour de I. Si ce point tend à se déplacer vers le sol situé devant lui, le sol sera comprimé en cet endroit, et donnera une réaction en sens inverse du mouvement supposé, tendant ainsi à tenir le pylône en équilibre.

Si, au contraire, le point tend, sous l'influence de la rota-

Digitized by Google

tion, à se déplacer vers l'intérieur de l'embase, aucune réaction du sol ne s'exercera en ce point. C'est le cas par exemple pour le point Q.

Sur la figure 1, les parties comprimées de la surface de l'embase sont hachurées.

Il s'agit maintenant de calculer les réactions aux différents points pour vérifier qu'en aucun endroit, le terrain n'est soumis

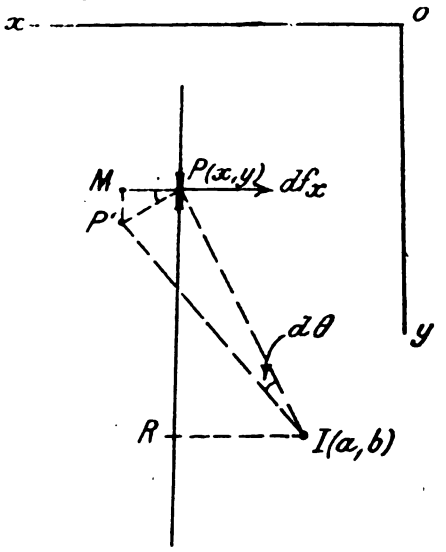


Fig. 2.

à une pression supérieure à la limite de sécurité qui peut être admise pour le sol dans lequel l'embase sera construite, pression limite qui peut d'ailleurs être déterminée expérimentalement par des sondages exécutés sur place.

Traçons deux axes de coordonnées, que nous supposerons pour simplifier, l'un OX horizontal et l'autre OY vertical et issus du point O par rapport auquel nous avons réduit le système des forces. Supposons que l'embase ait réellement tourné d'un petit angle $d\theta$ autour de I lors de l'application des forces (X, Y, $\mathcal{M}$), et considérons ce qui se passe sur une surface infiniment petite autour d'un point P où le sol est comprimé et prise sur une face verticale de l'embase. (Nous généraliserons plus loin au cas d'une face oblique telle que DE).

Digitized by Google

Sous l'influence de la rotation $d\theta$, le point P (fig. 2) viendra en P′ et la surface autour de P aura avancé dans la terre de la quantité PM, projection de PP′ sur la perpendiculaire à la surface.

Nous admettrons, ce qui est logique, que la réaction du sol autour de P est proportionnelle au déplacement PM, et nous aurons pour la force horizontale exercée sur une bande de hauteur dy et de longueur c (perpendiculairement à la figure) :

$$df_x = k\ \overline{PM}.\ c\,dy,$$

k étant un coefficient de proportionnalité, inconnu pour l'instant.

Or :

$$\frac{\overline{PM}}{\overline{PP'}} = \frac{PR}{PI},\ \text{et}\ \overline{PP'} = \overline{PI}\,d\theta\ ;$$

de sorte que :

$$\overline{PM} = \overline{PR}\,d\theta = (y-b)\,d\theta,$$

et par suite :

$$(1) \qquad df_x = c\,(y-b).\,(k\,d\theta).\,dy.$$

Nous mettons $k\,d\theta$ entre parenthèses car nous verrons plus loin que, bien que k et $d\theta$ soient tous deux inconnus, leur produit s'élimine de lui-même à la fin du calcul.

Le moment de cette force df_x par rapport au point O sera égal à $-\,y\,df_x$, c'est-à-dire :

$$(2) \qquad dm = -\,c\,y\,(y-b)\,(k\,d\theta)\,dy.$$

De même, sur un élément de surface horizontale comprimée, située aux coordonnées x et y, de largeur dy et de longueur c, nous aurons une réaction verticale :

$$(3) \qquad df_y = -\,c\,(x-a)\,(k\,d\theta)\,dx,$$

et un moment par rapport à O :

$$(4) \qquad dm = -\,c\,x\,(x-a)\,(k\,d\theta)\,dx.$$

Pour un élément de surface oblique, faisant avec l'horizontale un angle α, le calcul serait un peu plus compliqué, mais on peut ramener ce cas à celui d'une surface verticale en prenant comme axes de coordonnées deux axes ox′, oy′, ce dernier étant

Digitized by Google

parallèle à la face en question. Les nouvelles coordonnées de P et de I étant (x', y') et (a', b'), les formules seront les mêmes que (1) et (2) et il suffira d'exprimer x', y', a', b' en fonction de x, y, a, b au moyen des formules du changement d'axes et de projeter df'_x sur ox et oy pour résoudre le problème.

Nous ne ferons pas le calcul pour la force exercée sur un élément de surface. Les résultats n'auraient que peu d'intérêt, mais nous donnerons plus loin les formules pratiques relatives à une surface oblique de dimensions finies.

Nous allons maintenant indiquer d'une manière générale comment se termine le calcul des pressions.

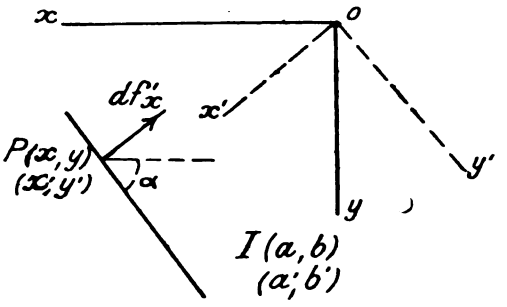


Fig. 3.

Ayant les forces exercées sur chaque élément de surface de l'embase, il suffit d'intégrer les formules entre les limites correspondant aux parties où le sol est effectivement comprimé pour avoir les projections horizontales et verticales de la réaction du sol ainsi que le moment résultant par rapport au point O. Les formules seront de la forme :

$$f_x = \varphi(a, b).(k.\mathrm{d}\theta),$$
$$f_y = \psi(a, b).(k\,\mathrm{d}\theta),$$
$$m = \chi(a, b).(k\,\mathrm{d}\theta),$$

où φ, ψ, χ désignent des fonctions algébriques de a et b, du 1er ou du 2e degré pour les deux premières et du 1er ou du 3e pour χ.

L'embase étant en équilibre, f_x, f_y et m seront respectivement égaux et de signes contraires aux valeurs connues de X, Y et $\mathfrak{M}$. Nous aurons donc trois équations entre les trois incon-

Digitized by Google

nues a, b et $k\,d\theta$. D'ailleurs, $k\,d\theta$ s'élimine par division, et il reste les deux équations *numériques :*

$$\mathcal{M} \cdot \varphi(a, b) - X\chi(a, b) = 0,$$
$$\mathcal{M} \cdot \psi(a, b) - Y\chi(a, b) = 0,$$

d'où l'on tirera a et b par une des méthodes d'approximation bien connues.

En reportant ces valeurs dans une des trois équations précédentes, on aura la valeur numérique de $(k\,d\theta)$.

Ceci posé, revenons à la formule (1). Elle nous indique que la pression en un point P quelconque d'une surface verticale d'ordonnée y est :

$$(y - b)(k\,d\theta),$$

valeur dont le calcul est immédiat puisque nous connaissons y, b et $(k\,d\theta)$.

De même, la pression sur un élément horizontal est :

$$(x - a)(k\,d\theta)$$

et s'obtiendra également sans difficuté.

Remarquons d'ailleurs qu'en portant la position du point I, de coordonnées a et b, sur un croquis à l'échelle de l'embase, on verra tout de suite les points où le terrain est le plus comprimé. En effet, ce sont, quelle que soit la disposition de la surface, les points les plus éloignés du point I en projection parallèle à la surface considérée.

Lorsqu'on aura ainsi déterminé les pressions sur le sol, on en déduira les efforts qui s'exercent sur les sections les plus fatiguées de l'embase. Ainsi, on obtiendra les efforts auxquels doit résister la section CT en faisant la somme des réactions qui s'exercent sur AB et BC et des moments de ces forces par rapport à C. On déterminera alors par les méthodes de calcul du béton armé les dimensions qu'il convient de donner à cette section ainsi que les armatures de traction qu'il sera nécessaire de noyer dans le béton.

2. Formules pratiques. — La sommation des réactions élémentaires telles que (1), (2), (3), (4) doit être étendue à toutes

Digitized by Google

les surfaces comprimées. Deux cas peuvent se présenter pour une surface plane :

1° La perpendiculaire issue de I tombe sur un point de cette face. C'est le cas, par exemple, pour FG et GH sur la figure 1. Alors l'intégration sera étendue, non pas à la face tout entière, mais seulement à la portion comprise entre l'extrémité et le pied de la perpendiculaire (FR et GS sur la figure 1).

2° Si, au contraire, la perpendiculaire issue de I tombe sur le prolongement, en dehors d'une face, il faut intégrer entre les limites réelles, D et E par exemple pour la face DE sur la figure 1. Mais ce cas peut se ramener au précédent en calculant d'abord la force totale qui s'exercerait sur DK puis en retranchant la réaction sur la portion non existante KE. Les deux portions DK et KE étant limitées à la perpendiculaire issue de I, se calculeront comme dans le premier cas. Ceci posé, on peut exécuter les intégrations une fois pour toutes pour chaque disposition possible d'une face (horizontale, verticale ou oblique), et l'on obtient les formules suivantes, qui simplifieront l'application de la méthode, et dans lesquelles x, y sont les coordonnées de l'arête qui limite la face considérée, c est la longueur de cette face perpendiculairement au plan de la figure, f_x, f_y les projections de la réaction du sol, m le moment résultant par rapport à O, et a, b, k, et $\mathrm{d}\theta$ ont les mêmes significations que plus haut.

I. — *Face verticale* (fig. 4) :

(I) $$f_x = \frac{1}{2} c\,(y-b)^2\,(k\,\mathrm{d}\theta),$$

(II) $$m = -\frac{1}{6} c\,(y-b)^2\,(2y+b)\,(k\,\mathrm{d}\theta).$$

II. — *Face horizontale* (fig. 5) :

(III) $$f_y = -\frac{1}{2} c\,(x-a)^2\,(k\,\mathrm{d}\theta),$$

(IV) $$m = -\frac{1}{6} c\,(x-a)^2\,(2x+a)\,(k\,\mathrm{d}\theta).$$

III. — *Face oblique* (fig. 6) :

(V) $$f = \frac{1}{2} c\,[(x-a)\cos\alpha + (y-b)\sin\alpha]^2\,(k\,\mathrm{d}\theta),$$

Digitized by Google

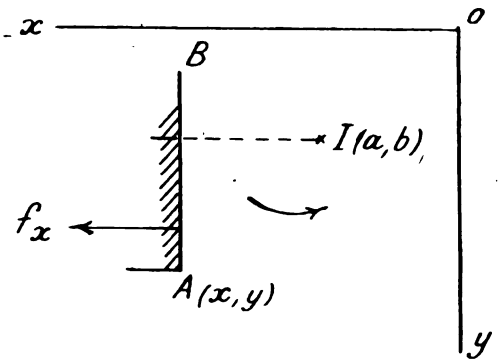


Fig. 4.

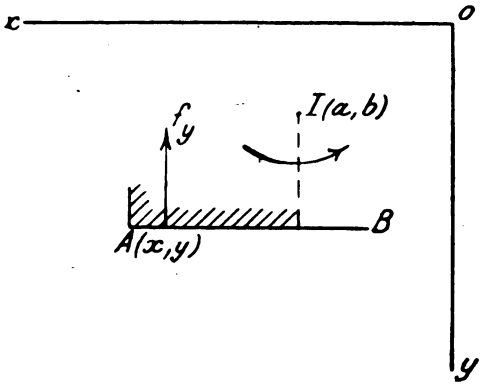


Fig. 5.

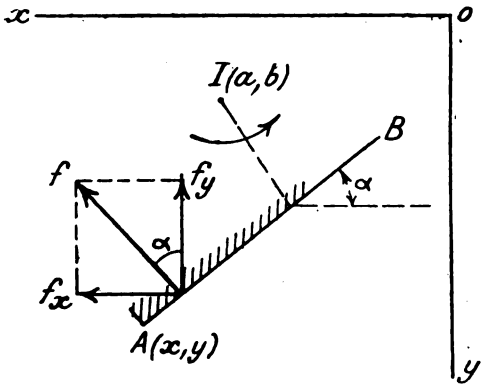


Fig. 6.

Digitized by Google

(VI) $f_x = f \sin \alpha,$

(VII) $f_y = -f \cos \alpha,$

(VIII) $m = + \frac{1}{3} f [(2a+a) \cos \alpha + (2y+b) \sin \alpha].$

Dans les figures 5, 6 et 7, le béton de l'embase est supposé se trouver du côté hachuré des faces AB, le renversement tendant à se produire autour de I dans le sens indiqué par la flèche, sens qui amènerait ox et oy par une rotation de 90 degrés.

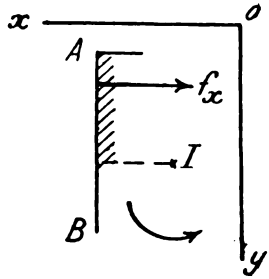


Fig. 7.

Si le sens de renversement était inverse ou si le béton se trouvait du côté opposé (fig. 7, par exemple), la réaction changerait de signe.

Il sera d'ailleurs facile de discuter dans chaque cas particulier le signe qui convient.

3. **Remarques**. — I. — Les formules I et II, par exemple, ne contiennent ni x ni a. Ceci nous montre qu'on peut, pour le calcul, déplacer une face parallèlement à elle-même, ses arêtes limites se déplaçant sur des perpendiculaires, sans changer la réaction ni son moment. Cette remarque permet de simplifier l'application des formules dans certains cas. Par exemple, sur la figure 1, la face AB pourra être supposée placée en CT et il suffira d'appliquer les formules (I) et (II) à l'ensemble DT au lieu de traiter d'abord la face AB puis la face CD. La remarque est d'ailleurs générale pour une face oblique quelconque.

II. — La pression maxima ayant lieu au point le plus éloigné de la projection de I sur la direction de la face considérée, on conçoit qu'il est désirable, pour réduire l'encombrement et le cubage de béton, de créer des faces actives le plus près possible du point I. On verra plus loin une application de cette remarque ; mais il ne faut pas perdre de vue que le terrain placé devant une face comprimée ne doit pas être excavé.

L'exemple de la figure 8 fera mieux comprendre cette remarque. Théoriquement, toutes les parties hachurées sont

Digitized by Google

comprimées et concourent à assurer la stabilité. En pratique, on ne peut compter sur aucune des réactions qui s'exercent sur AB, CD, EF, car, lors d'un renversement de l'ouvrage, la portion de

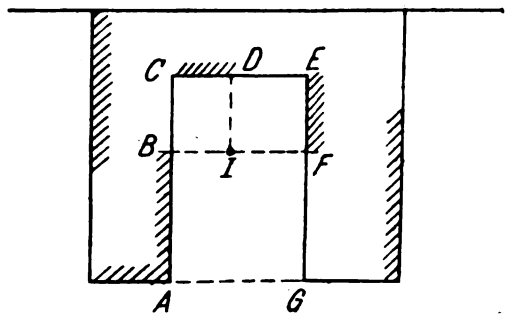


Fig. 8.

terrain entre AC et EG se cisaillerait suivant AG et les réactions sur AB, etc... disparaîtraient.

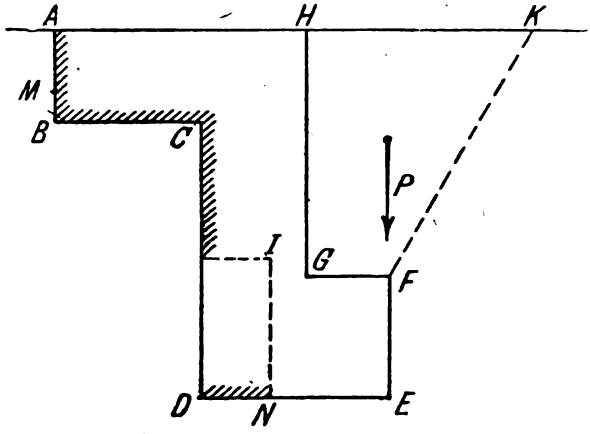


Fig. 9.

De même, dans le cas de la figure 9, la face FG ne peut être considérée comme soumise à une réaction élastique. Néanmoins, la terre située dans le volume FGHK concourt à assurer la stabilité de l'ouvrage par son poids P qui s'exerce sur la face FG et diminue le moment de renversement qui doit être équilibré par les réactions sur les autres faces comprimées.

Digitized by Google

III. — Il est souvent intéressant de situer le point I d'une manière approchée avant d'appliquer le calcul, de manière à pouvoir se rendre compte *a priori* de la forme qu'il convient de donner à l'embase pour la rendre aussi peu coûteuse et encombrante que possible.

Voici quelques remarques qui sont d'une grande utilité pour l'établissement d'un avant-projet.

Il y a évidemment intérêt à faire travailler le sol à la pression limite sur le maximum de surface utile. Or, les pressions étant proportionnelles aux distances en projection du point I, il faut pour cela que la hauteur de ce point en dessous de AH sur la figure 9, par exemple, soit égale à sa distance horizontale de AB. De cette manière, la pression sur la surface verticale en A sera maxima ainsi que celle sous la face horizontale en B.

La somme des réactions horizontales vers la droite doit être supérieure à la somme des réactions vers la gauche d'une quantité égale à X. Il s'ensuit que I sera toujours en dessous de la mi-hauteur de l'embase.

On peut évaluer rapidement la hauteur du point I en admettant que la pression en A est un peu inférieure à la limite admise et en calculant avec cet hypothèse la hauteur de la bande AM sur laquelle la réaction vers la droite serait égale à X. Le point I se trouvera alors environ au milieu de la hauteur entre M et D.

Enfin la composante verticale Y est équilibrée uniquement par les réactions sur BC et DN (fig. 9). Si la pression en B sous la face horizontale est égale au maximum admis, la pression moyenne sur BC et DN sera la moitié de ce maximum, ce qui permet d'évaluer tout de suite, d'une manière approchée, l'abcisse du point I. Si l'on trouve alors pour ce point une distance horizontale de B très inférieure à la distance verticale de A, on en déduira que la pression sous B est loin d'atteindre la limite admise. Pour l'augmenter, il suffira de créer un épaulement tel que EFG, ce qui augmentera Y du poids de la terre contenue dans FGHK et augmentera par suite la pression en B, tout en diminuant le moment de renversement.

Digitized by Google

Il suffit de quelques tâtonnements rapides de ce genre pour fixer les dimensions d'une embase. Il ne reste plus alors qu'à appliquer le calcul exact pour s'assurer que les pressions ne dépassent nulle part la résistance du terrain et pour déterminer les efforts qui s'exercent sur les différentes parties de l'embase, afin de pouvoir calculer les épaisseurs de béton et les armatures de fer.

4. Application à la résistance d'un poteau-couple. — Proposons-nous de calculer les pressions supportées par le sol dans le cas d'un appui formé d'un poteau et d'une jambe de force munie d'une semelle d'arrachement fixée par un hauban et supportant les efforts :

$$X = -980^{kg}, \quad Y = 1.200^{kg},$$

et $\mathfrak{M} = -6.400^{kgm}$ par rapport au point O (fig. 10).

Nous avons, d'après les formules données plus haut, les réactions suivantes :

sur O A :

$$f_x = +\frac{1}{2} D.\, l\,(l-2b)\,(k\,d\theta),$$

$$m = -\frac{1}{6} D\, l^2\,(2\,l-3\,b)\,(k\,d\theta);$$

sur la base du poteau en A :

$$f_y = +a S_1\,(k\,d\theta),$$

$$m = 0;$$

sur BC :

$$f_x = -\frac{1}{2} D l\,[l+2(d-a)\cos\delta - 2b\sin\delta]\sin\delta\,(k\,d\theta),$$

$$f_y = -\frac{1}{2} D l\,[l+2(d-a)\cos\delta - 2b\sin\delta]\cos\delta\,(k\,d\theta),$$

$$m = -\frac{1}{6} D l\,[2l^2 - 3bl\sin\delta + 3l(d-a)\cos\delta + 3dl\cos\delta + 6d(d-a)\cos^2\delta - 6bd\sin\delta\cos\delta]\,(k\,d\theta);$$

et, enfin, sur la semelle de traction :

$$f_y = -(d-a)\,S_2\,(k\,d\theta),$$

$$m = -d(d-a)\,S_2\,(k\,d\theta).$$

Digitized by Google

Ajoutant ces diverses réactions et égalant à X, Y et $\mathcal{M}$, on obtient les trois équations :

$$\frac{1}{2}Dl[l(1+\sin\delta)+2(d-a)\sin\delta\cos\delta-2b(1+\sin^2\delta)](k\,d\theta)+X=0,$$

$$+[aS_1-(d-a)S_2](k\,d\theta)-\frac{1}{2}Dl[l+2(d-a)\cos\delta-2b\sin\delta]\cos\delta$$
$$(k\,d\theta)+Y=0,$$

$$-d(d-a)S_2(k\,d\theta)-\frac{1}{6}Dl[4l^2-3bl(1+\sin\delta)+3l(d-a)\cos\delta+$$
$$+3dl\cos\delta+6d(d-a)\cos^2\delta-6bd\sin\delta\cos\delta](k\,d\theta)+\mathcal{M}=0.$$

En remplaçant les données par leurs valeurs numériques :

$l=2^m$, $d=2^m,30$, $D=0^m,25$, $\sin\delta=0,98$, $\cos\delta=0,2$, $S_1=0^{mq},10$, $S_2=0^{mq},13$, $X=-980^{kg}$, $Y=1.200^{kg}$, $\mathcal{M}=-6.400^{kgm}$,

ces équations deviennent :

$$\begin{cases} (0,1\,a+b-1,24)(k\,d\theta)=-1.000, \\ (0,25\,a+0,1\,b-0,445)(k\,d\theta)=-1.200, \\ (0,45\,a+1,22\,b-2,59)(k\,d\theta)=+6.400. \end{cases}$$

Éliminant $(k\,d\theta)$ et résolvant les deux équations du premier degré en a et b qui en résultent, on trouve :

$$\begin{cases} a=1^m,65, \\ b=1^m,14, \\ (k\,d\theta)=-14,200, \end{cases}$$

ce qui nous donne, pour les pressions :

en A sur la face latérale : $(l-b)(k\,d\theta)=12.200$ kg/mq$=$
$=1,22$ kg/cmq ;

en O » » » » : $b\,(k\,d\theta)=1,62$ kg/cmq ;

en C » » » » : $b'\,(k\,d\theta)=1,28$ kg/cmq ;

en B » » » » : $(l-b')(k\,d\theta)=1,56$ kg/cmq ;

en A, sous la base du poteau : $a\,(k\,d\theta)=2,34$ kg/cmq ;

sur la semelle de traction : $(d-a)(k\,d\theta)=0,92$ kg/cmq.

Connaissant a, b et $(k\,d\theta)$, nour pouvons maintenant calculer les efforts qui devront être supportés par les sections les plus fatiguées des poteaux, en O et en C.

Digitized by Google

En effet, pour O par exemple (fig. 10), ces efforts seront constitués par les réactions qui agissent sur les différentes faces

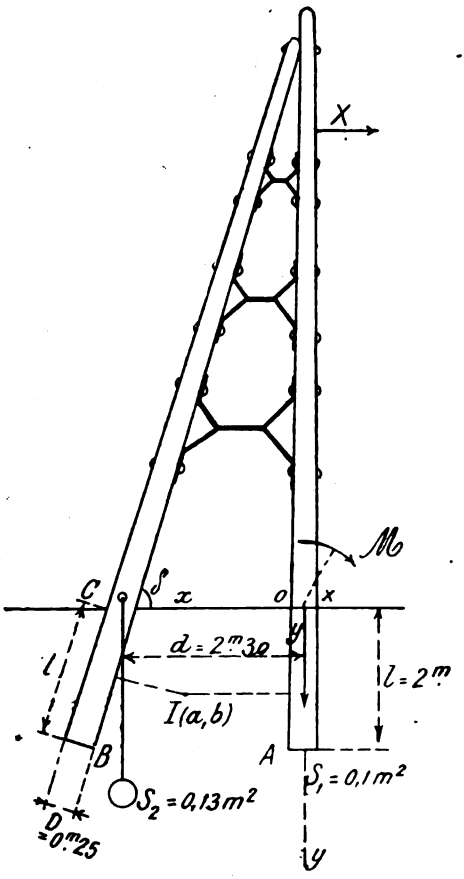


Fig. 10.

de la portion OA, c'est-à-dire les valeurs de f_x, f_y et m données par les trois premières formules du présent exemple. En y portant les valeurs trouvées pour a, b et $(k\,d\,\theta)$, on obtient :

$f_x = 1.020$ kg,
$f_y = 2.400$ kg,
$m = 1.380$ kgm par rapport à O.

Pour la section C, on trouverait de même, en projetant sur

Digitized by Google

la direction BC et sur sa perpendiculaire et en prenant les moments par rapport à C :

$$f'_x = -\ 311 \text{ kg},$$
$$f'_y = \ 1.180 \text{ kg},$$
$$m' = \ 2.440 \text{ kgm}.$$

Ces chiffres permettent de calculer les pressions et tractions auxquelles est soumis le bois des poteaux, par la théorie bien connue de la flexion avec compression. On trouve, pour les efforts maxima :

en O, une compression de $0^{kg},93$ par mmq,

en C, une traction de $1^{kg},6$ par mmq, avec des efforts de cisaillement négligeables.

On peut remarquer enfin, comme vérification de tous les calculs, que la somme de f_x, f_y, m et de f'_x, f'_y, m' (projetés sur les axes ox, oy et le moment ramené en O) devra être égale aux efforts X, Y, $\partial\mathcal{M}$ avec lesquels nous sommes partis au début. La vérification est facile, et donne :

$$X = 950 \text{ kg}, \quad Y = 1.180 \text{ kg}, \quad \text{et } \partial\mathcal{M} = 6.620 \text{ kgm},$$

chiffres qui coïncident suffisamment avec les valeurs initiales.

5. Application à une embase en béton armé. — Comme deuxième exemple, nous allons calculer une embase pour un pylône en ciment armé.

Ce pylône porte 96 fils de cuivre de $2^{mm},5$ de diamètre et se trouve en un coude où l'angle des deux nappes de fils est de 120°. La région étant sujette à des dépôts considérables de givre, la tension maxima à prendre pour la sécurité devra être la tension de rupture des fils. Les efforts qui doivent être supportés par le pylône seront alors : une force horizontale de 22,5 tonnes, un poids de 2 tonnes, et un moment résultant de 176 tonne-mètres par rapport à la base, ces données ne comprenant pas le poids du pylône ni celui de la fondation.

Le terrain est de l'argile grasse, pour laquelle une pression de 2 kg/cmq ne doit pas être dépassée.

Après une discussion analogue à celle du paragraphe **3**,

Digitized by Google

la forme indiquée sur la figure 11 a été adoptée comme la plus

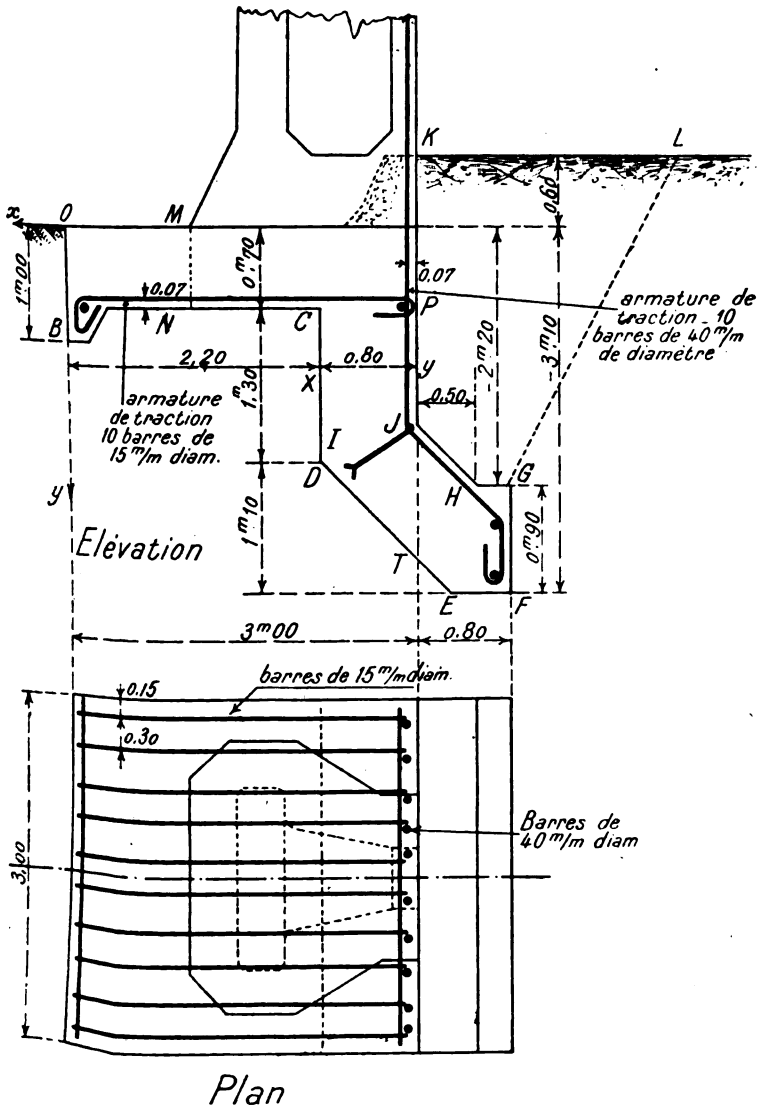


Fig. 11.

économique et la moins encombrante, et un calcul préliminaire nous a conduit aux dimensions indiquées.

Les poids des différentes parties de l'embase peuvent alors

Digitized by Google

être calculées, ainsi que leur moment par rapport à O. On trouve un poids total de 58 tonnes et un moment de 196 tonne-mètres, qui, ajoutés aux efforts directement appliqués donnent :

$$X = 22{,}5 \text{ tonnes},$$
$$Y = 60 \text{ tonnes}.$$
$$\mathcal{M} = -20 \text{ tonne-mètres}.$$

L'application des formules du paragraphe 2 n'offre aucune particularité, et donne, tous calculs faits, les trois équations :

$$(2b - 3{,}1)\,(k\,\mathrm{d}\theta) = 4{,}84,$$
$$a^2\,(k\,\mathrm{d}\theta) = 40,$$
$$(a^3 + 28{,}8\,b - 59{,}6)\,(k\mathrm{d}\theta) = 40\ ;$$

d'où, par division :

$$a^2 = 8{,}27\,(2b - 3{,}1),$$
$$a^3 + 28{,}8\,b - 59{,}6 = a^2\ ;$$

et, en éliminant b :

$$a^3 + 0{,}74\,a^2 - 15 = 0,$$

d'où l'on tire, par approximation successives :

$$a = 2^{m},24,$$

puis :

$$k\,\mathrm{d}\theta = \frac{40}{2.24^2} = 8,$$

et enfin :

$$b = 1^{m},85.$$

Les pressions maxima sur le sol sont alors :

en O, sur la face verticale : $b\ (k\mathrm{d}\theta) = 14{,}8$ tonnes/mq $= 1{,}5$ kg/cmq,

en F, — — $(3{,}1 - b)\,(k\,\mathrm{d}\,0) = 1$ kg/cmq,

en B, sous la face horizontale : $a\,(k\,\mathrm{d}\,\theta) = 1{,}8$ kg/cmq,

valeurs qui sont inférieures à la limite admise de 2 kg/cmq.

Il s'agit maintenant de calculer les sections de l'embase ans lesquelles le béton est le plus fatigué.

Pour la partie horizontale, il est évident que cette section se trouve en MN.

Les efforts exercés sont alors :

Digitized by Google

	Forces verticales tonnes	Forces horizontales tonnes	Moments par rapport à N tonne-mètres
Poids OMNB	— 6.6		+ 3.6
Poussée sur OB		33	— 10.0
» » BN	44.0		— 26.4
Totaux	37.4 tonnes	33 tonnes	33 tonne-mètres

soit : un effort de compression de 33 tonnes,
un effort de cisaillement de 37,4 tonnes,
un moment de flexion de 33 tonne-mètres.

Le calcul de la section de béton armé se fait facilement sur ces données, et montre une compression maximum du béton de $27^{kg},5$ par centimètre carré et une traction maximum du fer de $11^{kg},6$ par millimètre carré.

Entre C et D il y aura aussi évidemment une section qui travaillera le plus ; mais ici, il n'est par certain que ce sera CP, à cause de la poussée de la terre entre I et C qui diminue le moment de flexion quand on se rapproche de C.

Pour déterminer la section la plus fatiguée, considérons une section XY quelconque. Appelons x la distance CX et calculons en fonction de x les moments, par rapport à Y, des forces qui s'exercent sur l'embase, en dessous de XY. On trouve facilement :

$$\mathcal{M} = 55 - 15\,x - 4\,(1{,}15 - x)^3,$$

dont le maximum est donné par :

$$-15 + 12\,(1{,}15 - x)^2 = 0,$$

d'où :

$$x = 0^m{,}03.$$

C'est la section cherchée. Le calcul des efforts dans cette section s'exécute alors comme pour la section MN, et l'on trouve :
un effort de cisaillement de 2 tonnes,
un effort d'extension de 44 tonnes,
et un moment de flexion de 44 tonne-mètres.

L'application des méthodes bien connues donne alors, pour les contraintes imposées aux matériaux : 35 kilos par centimètre carré pour le béton et 11 kilos par millimètre carré pour le fer, chiffres qui assurent la résistance dans de bonnes conditions.

Digitized by Google

L'AUTOMATIQUE RURAL,

Par Robert DREYFUS,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

A l'heure actuelle, dans toutes les campagnes, le service téléphonique n'est assuré que pendant un certain nombre d'heures très limité chaque jour et, pratiquement, à partir de 6 heures du soir il n'y a plus de liaison téléphonique possible : impossible d'appeler un médecin, d'avoir du secours en cas d'incendie, etc..., et, *a fortiori*, de communiquer pour ses affaires. Tant que l'exploitation téléphonique se faisait avec les systèmes manuels, il n'était possible de trouver de remède à cette situation que moyennant des frais considérables ; on se trouvait dans l'alternative, ou de payer un personnel suffisant pour assurer le service en permanence, personnel qui serait peut-être resté souvent des nuits entières sans donner de communications, ou de relier tous les abonnés à un centre important relativement éloigné, ce qui eût entraîné des dépenses considérables de construction de lignes. Chacune de ces deux solutions conduisait à des dépenses prohibitives. L'automatique devait fournir la solution, puisqu'il supprimait l'obligation d'avoir du personnel en permanence au central.

L'idée d'une installation automatique rurale n'est pas neuve : on peut lire à ce sujet une étude fort intéressante de Raynaud dans les *Annales télégraphiques* de 1890. Mais ce n'est que plus tard que ces installations ont été réalisées. Le plus souvent, les installations rurales ont été purement et simplement des automatiques de petite capacité, dont quelques numéros, au lieu de correspondre à des abonnés, correspondaient à des circuits vers un centre important. Parfois, on complète ces installations par des dispositifs permettant de signaler à distance les dérangements qui ont pu se produire, ou bien on impose, aux numéros

Digitized by Google

correspondant aux circuits interurbains, des conditions particulières, en ce qui concerne le comptage et la préparation de la communication ; c'est ce qui a été fait, en particulier, dans les installations rurales réalisées en France dans les environs de Rouen et du Havre.

Si, cependant, on remarque que, dans la plupart des cas, les abonnés d'un centre rural ne communiquent guère entre eux et appellent presque toujours le centre important (pour un bureau de 50 abonnés, il n'y a pas, en général, une communication locale par jour), on est conduit à penser qu'il serait possible d'imaginer une exploitation semi-automatique : l'abonné, en décrochant son appareil (qui serait un appareil à batterie centrale intégrale sans cadran), serait relié au centre voisin, qui donnerait suite à sa communication. Ceci permettrait de supprimer le cadran de l'appareil d'abonné et d'apporter quelques simplifications dans le montage du central.

Des installations basées sur ce principe existent en Allemagne depuis près de vingt ans ; elles ont eté imaginées et réalisées par M. Steidle, alors oberpostassessor, et actuellement ministerialrat à Munich. Dans son livre *Tarif und Technik des staatlichen Fernsprechwesens*, M. Steidle explique comment il a été conduit à réaliser ce type d'installation, qui fut d'ailleurs l'objet d'une communication au congrès international de Paris, en 1910. Ces « Gruppenstellen » (c'est le nom de ce type d'installations) se sont répandues dans l'Allemagne du sud, principalement en Bavière où il y en a actuellement 75. L'exploitation se fait en utilisant, suivant l'importance du trafic, un ou deux circuits (un seul circuit, en général, lorsqu'il n'y a pas plus de 200 communications par jour).

L'appareil d'abonné est un appareil à batterie centrale d'un type spécial ; il comporte, outre les organes habituels, un bouton d'appel, une deuxième sonnerie, et une clé de renvoi sur cette sonnerie. Voici comment sont utilisés ces organes : le bouton d'appel, comme son nom l'indique, sert à appeler le central ; deux cas peuvent alors se produire : un circuit vers le centre urbain est libre ou est occupé : s'il est libre, la conversation peut

Digitized by Google

commencer aussitôt ; sinon, pour éviter à l'abonné de rappeler à plusieurs reprises, il lui suffit d'agir sur la clé de renvoi mentionnée plus haut : dès qu'un circuit sera libre, la sonnerie retentira.

L'équipement du central comprend, pour chaque circuit, en plus d'organes communs, un relais d'appel et un relais de coupure par abonné ; de plus, s'il y a deux circuits, un relais spécial, commun à deux abonnés, a pour effet de renvoyer les appels du premier circuit sur le deuxième si le premier est occupé. Enfin il y a, par abonné, un compteur et un relais spécial permettant à l'opératrice du bureau manuel distant de couper la ligne de l'abonné si celle-ci devient mauvaise (terre accidentelle, par exemple). Chaque circuit aboutit à un organe de sélection, qui rappelle vaguement le commutateur rotatif Strowger.

Au bureau manuel de rattachement, l'installation comprend, pour chaque circuit, un certain nombre d'organes qui se placent en partie dans un panneau de multiples et en partie sur un bâti spécial, organes comprenant, en particulier, pour chaque circuit, un connecteur rotatif identique à celui du centre rural. Il y a, pour chaque abonné, un bouton spécial au central manuel ; c'est sur ce bouton qu'on agira pour appeler l'abonné, et ce bouton actionnera le commutateur rotatif du circuit correspondant, de façon à faire envoyer sur la ligne le nombre d'impulsions correspondant au numéro de l'abonné. L'appel de l'abonné n'est pas automatique : l'opératrice doit agir sur la clé d'appel ; c'est elle qui, avec une clé spéciale, fera fonctionner les compteurs de conversation.

Tous les organes utilisés sont très robustes, les relais sont fixés sur des fers plats, eux-mêmes fixés sur les fers en cornière du bâti. Une rangée comporte les organes nécessaires à deux (s'il y a deux circuits) ou à quatre abonnés (s'il n'y a qu'un circuit). Le câblage est fait sur le bâti ; les différents conducteurs aboutissent à des lames formant ressort sur lesquelles viendront appuyer les connexions des bandes de relais. Le bâti est, dès le début, câblé pour sa capacité totale (40 abonnés) ; au fur et à mesure de l'extension, on ajoute les

Digitized by Google

bandes de relais nécessaires ; leur fixation se fait simplement par boulon et écrou. L'ensemble d'un bâti occupe environ 65^{cm} × 65^{cm}.

Une des originalités du système est le mode de charge des accumulateurs ; ceux-ci sont chargés à distance, en utilisant les fils des circuits dans l'intervalle des communications. L'intensité de charge est très faible, de l'ordre d'une centaine de milliampères ; la capacité des accumulateurs est d'une quinzaine d'ampères-heure. On voit donc que l'on est très loin du régime de charge normal des batteries ; mais ceci est un gros avantage, car l'expérience montre que des régimes de charge aussi faibles sont excellents pour la vie des batteries et que celles-ci peuvent être surchargées, dans ces conditions, sans qu'il en résulte aucun dommage ; au contraire, cette surcharge empêche la sulfatation.

On voit tout l'intérêt que présentent ces installations, réalisées dans d'excellentes conditions techniques par M. Steidle à une époque où l'automatique, surtout l'automatique intégral, n'avait pas encore gagné la confiance des administrations publiques. Il ne faut pas se dissimuler cependant que des perfectionnements au système Steidle sont souhaitables et que celui-ci présente les inconvénients suivants :

1° Nécessité d'appareils d'abonnés d'un type spécial ;

2° Grand nombre de relais au central ;

3° Encombrement considérable au central manuel par la présence d'un bouton par numéro d'appel ;

4° Immobilisation d'un circuit pendant une communication entre deux abonnés du centre rural ;

5° Limitation du nombre d'abonnés ; pratiquement, au delà de 40 abonnés, il faut un deuxième bâti indépendant du premier et les communications entre abonnés de ces deux groupes immobilisent deux circuits ;

6° S'il y a deux circuits, le circuit combiné n'est pas utilisé.

Or il est possible de réaliser un système automatique rural n'ayant aucun de ces inconvénients. L'étude en a été entreprise en France dès le milieu de 1924, quelques mois après la

Digitized by Google

mise en service des premiers automatiques ruraux. Après de longues études, la compagnie des téléphones Thomson-Houston a mis au point un système réalisé avec des organes du type automatique normal.

Voici les caractéristiques d'une installation réalisable dans le cas d'un centre rural de 50 abonnés (ce nombre n'est nullement une limite ; il est donné pour fixer un ordre de grandeur) relié à une ville, centre téléphonique important, par un groupe de deux circuits combinables.

Des trois circuits, les deux réels et le combiné, deux seront utilisés pour l'échange des communications, et le troisième servira à l'appel de l'opératrice ; grâce à sa spécialisation, ce circuit ne sera jamais occupé longtemps de suite, et il sera inutile de prévoir des sonneries spéciales chez les abonnés, les avertissant lorsque la ligne est libre. Pour établir une communication locale, aucun circuit ne sera immobilisé. On voit donc que l'on pourra avoir simultanément :

deux communications entre le centre rural et une localité quelconque,

un appel d'un abonné rural vers le centre manuel,

une communication locale.

Dans le cas de cette dernière communication, la téléphoniste manuelle en a la supervision. La possibilité de ces quatre communications simultanées au moyen de deux circuits réels est due à l'utilisation d'un montage du genre van Rysselberghe. Si l'on remarque que l'envoi d'impulsions, en téléphonie automatique, est quelque chose de tout à fait analogue à une transmission télégraphique et qu'il en est de même de la signalisation que nécessite une supervision, on concevra qu'il soit possible d'utiliser les quatre fils des deux circuits réels de façon à réaliser toutes ces communications simultanées. Remarquons, d'ailleurs, que l'expérience en a déjà été faite, en particulier, dans des installations réalisées pour les liaisons interurbaines du grand-duché de Luxembourg par la compagnie des téléphones Thomson-Houston, où l'on utilise, sur des lignes aériennes et sur des câbles pupinisés du type Western et du type Plejel, les deux cir-

Digitized by Google

cuits réels et le circuit combiné pour des liaisons de téléphonie automatique, le quatrième brin de la quadrette étant souvent utilisé pour le télégraphe.

Dans l'installation prévue, les appareils d'abonnés seront des postes à batterie centrale intégrale du type normal. Il y aura, au central rural, pour chaque ligne d'abonné, un relais d'appel et un relais de coupure, ce dernier servant aussi à couper la ligne d'abonné si elle devient mauvaise, par suite de mauvais isolement par exemple. Soit, en tout, deux relais, quel que soit le nombre des circuits, alors que, dans le cas d'une installation Steidle avec deux circuits, il faut 5.5 relais par abonné.

Au central manuel, il faudra en tout un jack, pour chacun des deux circuits utilisés, pour donner des communications interurbaines, une clé pour chaque circuit, une clé pour les communications locales, un cadran d'appel du type automatique normal.

Les accumulateurs seront des batteries de 24 volts d'une quinzaine d'ampères-heure, qui devront être chargées à distance suivant un dispositif analogue au système Steidle ; mais, dans le cas où l'on pourra disposer, au bureau rural, de courant électrique, il sera plus simple d'y installer un redresseur du type Tungar, qui chargera la batterie dans l'intervalle des communications, à une intensité d'une centaine de milliampères.

L'ensemble de l'installation automatique ainsi conçue sera protégé par un dispositif étanche et n'occupera qu'une fraction de mètre carré ; si l'on tient compte de l'espace nécessaire aux mécaniciens pour pouvoir atteindre les différents organes, une surface totale de 3 mètres carrés sera largement suffisante ; c'est dire qu'on pourra installer ce meuble où l'on voudra.

L'administration vient de passer la commande d'un meuble conçu suivant ces principes et destiné à une localité des environs de Rouen, avec équipement initial prévu pour :

4 circuits réels,
2 circuits combinés,
100 abonnés,

et extensible à une capacité double.

Digitized by Google

NUMÉRATION, TRADUCTION ET SÉLECTION DANS LES GRANDS RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES URBAINS,

Par M. DAMOISEAU.

L'auteur expose le système de numération des bureaux centraux employé en téléphonie automatique pour l'appel des abonnés, puis le fonctionnement des sélecteurs et des traducteurs dans le cas où l'installation est entièrement automatique et dans celui où elle comprend des bureaux manuels.

La plupart des grands réseaux téléphoniques urbains, comparables par leur importance et l'intensité de leur trafic à celui de Paris sont équipés en systèmes manuels ; leur transformation en système automatique ne pourra se faire que progressivement et exigera un certain nombre d'années au cours desquelles les deux méthodes seront exploitées simultanément.

Ces réseaux comprennent actuellement un certain nombre de bureaux centraux manuels, équipés chacun pour 10.000 abonnés, numérotés uniformément de 0000 à 9999, et désignés par des noms propres.

On aurait pu les désigner par des numéros d'ordre qui auraient contenu, par rapport au numéro propre de l'abonné dans son bureau central, les chiffres de dizaine et de centaine de mille, de million, etc. ; suivant la capacité prévue pour le réseau et le nombre de ses bureaux centraux, les numéros des abonnés auraient été formés de :

5 chiffres pour 10 et moins de 10 bureaux centraux ;

6 chiffres pour 11 à 100 bureaux centraux ;

7 chiffres pour 101 à 1.000 bureaux centraux, etc. ;

les quatre derniers chiffres, unités, dizaines, centaines, milles,

Digitized by Google

représentant toujours le numéro de l'abonné dans son bureau central, et les chiffres précédents représentant le numéro d'ordre ou l'index caractéristique du bureau auquel l'abonné appartient.

Supposons qu'à Paris, où il existe actuellement environ 20 bureaux centraux, on prévoie une capacité maxima ne dépassant pas 100 bureaux, il aurait suffi de deux chiffres pour former les index caractéristiques des bureaux, et ces index auraient été des nombres pris dans la série normale de 00 à 99.

Pour des raisons pratiques, l'usage a prévalu et sera maintenu aussi longtemps qu'il y aura des bureaux manuels dans le réseau, de désigner les abonnés par le nom de leur bureau, suivi de leur numéro dans ce bureau.

Or, dès que des bureaux automatiques, desservant une partie seulement des abonnés du réseau, seront mis en service, il faudra que les abonnés reliés à ces bureaux puissent correspondre non seulement entre eux, mais encore avec les abonnés desservis manuellement.

Dans les postes manuels, les titulaires continueront à demander verbalement les communications, en énonçant le nom du bureau, puis le numéro de l'abonné du bureau, manuel ou automatique.

Par contre, l'abonné automatique devra, par le seul emploi d'un cadran d'appel à 10 ouvertures, atteindre un abonné quelconque d'un bureau soit manuel, soit automatique.

Les dix ouvertures du cadran portent, de droite à gauche :

1° les dix chiffres dans l'ordre :

1.2.3.4.5.6.7.8.9.0 ;

2° les lettres de l'alphabet, la disposition envisagée pour le réseau de Paris étant :

Lettres :	Chiffres :
ABC	2
DEF	3
GHI	4
JKL	5
MN	6

Digitized by Google

PRS	7
TUV	8
WXY	9
O	0

Pour appeler un abonné d'un bureau quelconque, l'abonné automatique demandeur envoie les deux premières lettres du nom du bureau, puis les quatre chiffres du numéro dans ce bureau ; en réalité, il envoie un numéro formé de six chiffres, l'envoi des deux premières lettres du nom du bureau donnant lieu à l'envoi des chiffres auxquels ces lettres correspondent. L'index, sous forme de lettres, correspond à un nombre de deux chiffres compris entre 00 et 99.

L'examen du cadran donne lieu à quelques observations :

1° le chiffre 1 ne reçoit pas de lettres ; bien qu'elle puisse être confondue avec le chiffre 1, la lettre I est reportée au chiffre 4 ;

2° la lettre O, pour éviter les confusions avec le chiffre 0, est placée avec ce dernier chiffre ;

3° les lettres occupant seulement 9 des 10 ouvertures, le nombre maximum de préfixes de deux lettres que l'on peut former est de $9 \times 9 = 81$; seuls, les préfixes constitués par les deux premières lettres de mots prononçables sont utilisés, ce qui en réduit sensiblement le nombre ;

4° les noms des bureaux doivent être choisis de façon qu'ils forment tous des index numériques distincts. Avec la disposition proposée, les noms actuels de certains bureaux de Paris devront être changés, par exemple :

CEntral et BErgère correspondent tous deux au préfixe numérique 23.

Considérons, en le supposant automatique, un des bureaux de Paris dans ses relations avec lui-même et avec tous les autres bureaux présents et futurs ; soit le bureau WAgram, donnant lieu au préfixe numérique de deux chiffres 92. Un appel émis par un abonné WAgram peut avoir une des trois destinations principales suivantes, traitées différemment :

1° un autre abonné du bureau WAgram, ou un abonné d'un des bureaux situés dans le même immeuble (PRony-GAlvani) ;

Digitized by Google

2° un abonné d'un des quatre bureaux les plus rapprochés, ou avec lesquels le trafic est le plus intense (GUtenberg, CEntral, PAssy, ELysées) ;

3° un abonné d'un des autres bureaux ou un des services spéciaux du réseau.

A l'origine, et quelle que soit la destination de l'appel, l'abonné demandeur WAgram est relié à un sélecteur primaire à dix débouchés ou niveaux, qui doit donner accès à tous les autres bureaux centraux et services.

1° L'abonné demandé fait partie du bureau WAgram ou d'un des bureaux PRony-GAlvani situés dans le même immeuble.

L'envoi du préfixe WA = 92 ou d'un des préfixes PR = 77 ou GA = 42 conduit soit au niveau 1, soit au niveau 2 du sélecteur primaire, niveaux affectés le premier au groupe WAgram, le second au groupe PRony et GAlvani. On aura donc :

Préfixe envoyé par le demandeur Wagram.	Sélection conduisant au bureau demandé. Niveau atteint au sélecteur primaire.
WA = 92	1
PR = 77	2
GA = 42	2

Le même niveau 2 du sélecteur primaire est atteint par l'envoi d'un des préfixes PR = 77 et GA = 42 ; cette situation ne peut être que temporaire, pendant la période au cours de laquelle il sera possible de désigner l'ensemble des abonnés PRony et GAlvani par une seule série de numéros 0000 à 9999, PRony utilisant par exemple la partie 0000 à 4999, et GAlvani la partie 5000 à 9999, ou toute autre combinaison qui serait jugée préférable.

2° L'abonné demandé fait partie d'un des quatre bureaux voisins GUtenberg, CEntral, PAssy, ELysées.

L'envoi du préfixe du bureau demandé conduit à un des niveaux 3, 4, 5, 6 du sélecteur primaire ; on aura donc :

Préfixe envoyé par le demandeur Wagram.	Sélection conduisant au bureau demandé. Niveau atteint au sélecteur primaire.
GU = 48	3
CE = 23	4
PA = 72	5
EL = 35	6

Digitized by Google

3° L'abonné demandé fait partie d'un des autres bureaux du réseau de Paris, dans lesquels sont compris les services spéciaux : interurbain, suburbain, banlieue, télégraphe, renseignements, réclamations, dérangements, etc...

Ces bureaux et services spéciaux doivent être atteints au sélecteur primaire par les quatre niveaux restant disponibles, entre lesquels ils doivent être répartis: un de ces niveaux, le 10e est attribué aux services spéciaux, tandis que les trois autres sont attribués, par exemple, le 7e, aux bureaux NOrd, MEnilmontant-COmbat, LAborde, ROquette, DIderot; le 8e, aux bureaux GObelins, LOuvre, BErgère, ARchives, TRudaine; le 9e, aux bureaux AUteuil, SEgur-VAugirard, MArcadet, INvalides.

La sélection primaire conduit à un groupe de bureaux entre lesquels une sélection secondaire doit être effectuée. Si l'abonné demandeur appelle un abonné d'un des bureaux desservis par le 7e niveau primaire, il est relié par ce 7e niveau à un sélecteur secondaire, dont les dix niveaux seraient utilisés comme il suit :

1er niveau secondaire : NOrd,
2e » » : MEnilmontant-COmbat,
3e » » : LAborde,
4e » » : ROquette,
5e » » : DIderot,
6e au 10e » » : Disponibles pour extensions.

On aura donc :

Préfixe envoyé par le demandeur Wagram.	Sélection conduisant au bureau demandé. Niveau atteint au sélecteur primaire.	secondaire.
NO = 60	7	1
ME = 63	7	2
CO = 20	7	2
LA = 52	7	3
RO = 70	7	4
DI = 34	7	5

La subdivision serait semblable pour les groupes de bureaux et de services spéciaux atteints par les niveaux 8, 9 et 10 du sélecteur primaire.

Digitized by Google

Ce dispositif n'est applicable qu'à la condition que le bureau WAgram possède des jonctions le reliant directement et séparément à chacun des autres bureaux de Paris, ce qui existe actuellement tout au moins pour la partie intra muros du réseau, ou bien que la totalité du trafic vers un groupe de bureaux puisse être dirigée vers l'un d'eux, dans lequel se fera la répartition ou sélection secondaire.

Supposons qu'après la disparition des fortifications et l'incorporation de la banlieue dans l'agglomération urbaine, un bureau central soit établi à VIncennes et fasse partie du réseau urbain. Il est peu probable qu'à ce moment ce nouveau bureau soit relié par des jonctions directes à tous les bureaux existant antérieurement ; on se bornera à le relier au bureau le plus voisin, qui serait DIderot.

L'abonné demandeur WAgram, voulant atteindre un abonné VIncennes, enverra le préfixe VI = 84. Cette opération le conduira dans le bureau DIderot, où devra se faire, au moyen d'un sélecteur intermédiaire appelé parfois secondaire « B » ou tandem « A », la sélection entre le groupe DIderot et les autres groupes IVry, CHarenton, VIncennes qui ne possèdent de jonctions directes qu'avec DIderot. Supposons que les niveaux de ce sélecteur sont attribués comme il suit :

niveau 1 DIderot,
niveau 2 CHarenton,
niveau 3 IVry,
niveau 4 VIncennes.

L'envoi d'un des préfixes DI, CH, IV, VI, pour atteindre le bureau demandé, devra provoquer les sélections indiquées au tableau ci-dessous :

Préfixe envoyé par le demandeur Wagram.	Sélection conduisant au bureau demandé. Niveau atteint au sélecteur		
	Primaire.	Secondaire « A ».	Secondaire « B ».
DI = 34	7	5	1
CH = 24	7	5	2
IV = 48	7	5	3
V = 84	7	5	4

Digitized by Google

Supposons enfin que, tous les préfixes de deux lettres correspondant à des mots prononçables étant utilisés bien que le nombre de 100 bureaux soit loin d'être atteint, il faille ajouter un bureau central dénommé NOgent, relié directement à VIncennes seulement. Pour distinguer le bureau central NOgent du bureau central existant NOrd, il faudra utiliser la troisième lettre de chacun des deux noms, et installer à VIncennes un sélecteur intermédiaire appelé secondaire « C » ou tandem « B », distinguant les appels destinés à VIncennes des appels destinés à NOgent ; ce sélecteur desservirait par exemple VIncennes à son niveau 1 et NOgent à son niveau 2 ; par contre, il faut que l'envoi du préfixe NOR pour le bureau NORd ne modifie en rien l'acheminement du trafic destiné à ce bureau. On devra donc avoir :

Préfixe envoyé par le demandeur Wagram.	Sélection conduisant au bureau demandé. Niveau atteint au sélecteur			
	Primaire.	Sec « A ».	Sec « B ».	Sec « C ».
NOR = 607	7	1	—	—
VI = 84	7	5	4	1
NOG = 604	7	5	4	2

Étendue à tous les bureaux du réseau, non seulement pour le trafic qu'ils émettent ou trafic sortant, mais encore pour le trafic qu'ils reçoivent ou trafic entrant, cette étude montrerait que le même préfixe envoyé par des bureaux différents provoque des sélections tout à fait différentes en nombre et en amplitude ; les préfixes doivent donc être traduits dans un code arbitraire prédéterminé ; c'est ainsi, par exemple, qu'un abonné NOGent voulant atteindre un autre abonné NOGent, occupera dans ce bureau un sélecteur primaire dont le premier niveau sera affecté à NOGent ; on aura :

Préfixe envoyé par le demandeur Nogent.	Sélection conduisant au bureau demandé. Niveau atteint au sélecteur primaire.
NOG = 604	1

tandis que le même préfixe envoyé par un abonné demandeur WAgram donne :

Digitized by Google

Préfixe envoyé par le demandeur Wagram.	Sélection conduisant au bureau demandé. Niveau atteint au sélecteur Primaire.	Sec « A ».	Sec « B ».	Sec « C ».
NOG = 604	7	5	4	4

Si complexe qu'elle paraisse à première vue, la traduction est aisément réalisée par des procédés très simples dans le système automatique n° 7A (rotary) de la Western Electric, basé sur l'emploi d'un enregistreur et sur l'indépendance complète entre la réception du numéro demandé au bureau central d'origine de l'appel, et la sélection à laquelle donne lieu ce numéro suivant les ressources en lignes d'intercommunication ou jonctions entre les bureaux.

Le numéro demandé est reçu au bureau central d'origine par un enregistreur composé d'un nombre d'éléments égal au total des nombres de lettres et de chiffres des numéros : pendant la première période, au cours de laquelle tous les préfixes seront formés de deux lettres seulement, l'enregistreur contiendra six éléments :

un combineur de première lettre ou de lettre « A »,
» deuxième lettre ou de lettre » B »,
» premier chiffre ou de mille,
» deuxième chiffre ou de centaine,
» troisième chiffre ou de dizaine,
» quatrième chiffre ou d'unité.

Tous ces éléments sont à dix positions numérotées 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, la position 0 servant de position de repos; sans effectuer d'autre travail mécanique que son propre déplacement, chaque élément est relié à son tour à la ligne appelante, reçoit là lettre ou le chiffre qu'il représente et est amené dans la position indiquée par cette lettre ou ce chiffre ; s'ils restaient ensuite immobiles, ils reproduiraient à la fin de la réception, par les positions qu'ils occupent, le numéro demandé.

Les deux premiers éléments, qui sont les combineurs de lettres, sont seuls utilisés pour la traduction ; après la réception de ces lettres, ils réalisent une des 100 combinaisons qu'ils per-

Digitized by Google

mettent. En supposant l'envoi du préfixe WA = 92, cette combinaison s'exprimerait ainsi :

Premier combineur de lettre en 9 ;

Deuxième combineur de lettre en 2.

Aussitôt le préfixe reçu, la combinaison réalisée par les deux combineurs de lettre est transférée sur une des 100 positions que peut occuper un organe auxiliaire appelé traducteur, formé d'un chariot à huit balais calés sur un axe vertical et parcourant un arc à huit rangées horizontales de 100 broches, ces broches étant uniformément numérotées de 1 à 100 dans chaque rangée, et les broches de même numéro étant atteintes simultanément par les divers balais ; chaque pile ou rangée verticale de broches est attribuée dans un ordre arbitraire à un bureau central ou à une des combinaisons réalisables par les deux combineurs de lettres.

Si on attribue par exemple :

le numéro 37 à WAgram = 92, on relie le point 9 du premier combineur de lettre à la broche 37 de la 1re rangée du traducteur et le point 2 du 2e combineur de lettre à la broche 37 de la 2e rangée du traducteur ;

le n° 18 à GUtenberg = 48, on relie le point 4 du 1er combineur de lettre à la broche 18 de la 1re rangée du traducteur, et le point 8 du 2e combineur de lettre à la broche 18 de la 2e rangée du traducteur ;

le n° 46 à NOrd = 60, on relie le point 6 du 1er combineur de lettre à la broche 46 de la 1re rangée du traducteur, et le point 0 du 2e combineur de lettre à la broche 46 de la 2e rangée du traducteur ;

le n° 65 à VIncennes = 84, on relie le point 8 du 1er combineur de lettre à la broche 65 de la 1re rangée du traducteur, et le point 4 du 2e combineur de lettre à la broche 65 de la 2e rangée du traducteur, et ainsi de suite.

L'équipement complet de l'arc du traducteur conduirait au reliement de 10 des broches de sa 1re rangée à chacun des 10 points du 1er combineur de lettre, et de 10 des broches de sa 2e rangée à chacun des 10 points du 2e combineur de lettre.

Digitized by Google

Immédiatement après la réception du préfixe, et par le seul fait de cette réception, le traducteur, partant de la position quelconque qu'il occupait au repos, est mis en rotation ; ses balais parcourent leurs rangées de broches et s'arrêtent sur les broches reliées aux points sur lesquels se trouvent les balais des combineurs de lettre ; ces broches sont celles qui portent dans l'arc du traducteur le numéro attribué au bureau central dont le préfixe a été envoyé et reçu ; on transfère ainsi sur une position unique parmi les 100 positions possibles d'un seul organe, la combinaison que représentaient deux organes occupant séparément l'une de leurs dix positions.

Le 3e balai du traducteur n'intervient pas, aussi longtemps qu'aucun préfixe ne contient trois lettres ; ce n'est que lorsque plusieurs (au moins deux) préfixes de 3 lettres sont utilisés que ce troisième balai intervient, pour ces préfixes à 3 lettres seulement.

Les 4e, 5e, 6e, 7e balais du traducteur ont été conduits et arrêtés dans leur rangée respective, sur les broches portant le numéro attribué au bureau central dont le préfixe a été envoyé : 37 pour WAgram, 46 pour NOrd, 18 pour GUtenberg, 65 pour VIncennes, etc. ; les balais 4 à 7 interviennent successivement, dans l'ordre et le nombre voulus, pour limiter le nombre et l'amplitude des sélections auxquelles donne lieu le préfixe envoyé.

Le 8e balai, par les connexions qu'il établit avec les broches de sa rangée horizontale, assure la mise en service des autres balais du traducteur, et éventuellement du 7e combineur de l'enregistreur, pour le cas d'envoi d'un préfixe à 3 lettres.

Fonctionnement du traducteur. — L'envoi par un abonné WAgram du préfixe WA amène le traducteur dans sa position 37 et doit donner lieu exclusivement à la sélection du niveau 1 du sélecteur primaire.

Le 4e balai du traducteur intervient seul, met en action le sélecteur primaire, et le raccorde par la broche 37 de la 4e rangée à un groupe de relais compteurs limitant la sélection à un pas ; le sélecteur primaire, partant de sa position de repos, atteint son

Digitized by Google

niveau 1 dans lequel se trouvent les broches des jonctions conduisant aux sélecteurs intérieurs du bureau WAgram ; les combineurs de chiffres de l'enregistreur contrôlent ensuite la sélection du numéro demandé dans ce bureau.

L'envoi par un abonné WAgram du préfixe GUtenberg amène le traducteur dans sa position 18 et doit provoquer exclusivement la sélection du niveau 3 du sélecteur primaire ; le 4e balai du traducteur intervient seul, met en action le sélecteur primaire et le raccorde par la broche 18 de la 4e rangée au groupe de relais compteurs, de façon à limiter à 3 pas ou niveaux le déplacement de ce sélecteur. On atteint ainsi par le niveau 3 du sélecteur primaire les sélecteurs intérieurs du bureau GUtenberg, qui effectueront la sélection du numéro demandé sous le contrôle des combineurs de chiffres de l'enregistreur.

L'envoi par un abonné WAgram du préfixe NOrd amène le traducteur dans sa position 46 et doit provoquer la sélection du niveau 7 du sélecteur primaire et du niveau 1 du sélecteur secondaire. Les 4e et 5e balais du traducteur interviennent successivement, le 4e mettant le sélecteur primaire en action en le raccordant par sa broche 46 au groupe de relais compteurs de façon à limiter à 7 pas ou niveaux le déplacement de ce sélecteur ; la sélection primaire terminée met en action un sélecteur secondaire, qui est relié par le 5e balai et sa 46e broche au groupe de relais compteurs de façon à limiter à 1 pas ou niveau le déplacement de ce sélecteur ; on atteint ainsi les sélecteurs intérieurs du bureau NOrd, dont les combineurs de chiffres de l'enregistreur contrôleront les opérations de façon à atteindre le numéro demandé.

L'envoi par un abonné WAgram du préfixe VIncennes amène le traducteur dans sa position 68 et doit provoquer les sélections successives des niveaux 7 du sélecteur primaire, 5 du sélecteur secondaire « A », et 4 du sélecteur secondaire « B ». Les 4e, 5e et 6e balais contrôleront successivement la sélection par l'intermédiaire des relais compteurs, de façon à limiter à 7, 5 et 4 pas les déplacements des sélecteurs.

Quand il est nécessaire d'ajouter une 3e lettre aux préfixes

Digitized by Google

de certains bureaux, le nombre total des éléments constitutifs des numéros des abonnés de ces bureaux passe de 6 à 7 : 3 lettres et 4 chiffres, au lieu de 2 lettres et 4 chiffres ; les numéros des abonnés de tous les autres bureaux du réseau restent formés de 2 lettres et 4 chiffres. Les enregistreurs doivent alors comprendre 7 combineurs, dont les 6 premiers seront seuls utilisés pour tous les appels vers les bureaux à 2 lettres, le 7e n'intervenant que pour les appels vers les bureaux à 3 lettres.

Le rôle de ces combineurs au point de vue de la réception sera suivant le cas :

	Appels vers un bureau à : deux lettres.	Appels vers un bureau à : trois lettres.
1er combineur.....	1re lettre ou A	1re lettre ou A
2e »	2e » ou B	2e » ou B
3e »	1er chiffre : 1000	3e » ou C
4e »	2e » 100	1er chiffre : 1000
5e »	3e » 10	2e » 100
6e »	4e » U	3e » 10
7e »	non utilisé	4e » U

Dans toutes ses positions affectées à des bureaux à 2 lettres, le traducteur, par son 8e balai, provoque la mise hors circuit du 7e combineur de l'enregistreur ; la sélection s'exécute en tous points comme il est dit ci-dessus dès que le traducteur est amené dans la position attribuée à un bureau ayant un préfixe à deux lettres.

Lorsque des bureaux reçoivent un préfixe contenant deux lettres communes et une lettre distinctive, comme NORd et NOGent, on donne à chacun d'eux une position propre dans l'arc du traducteur, mais on leur réserve en outre une position commune intermédiaire caractéristique des deux premières lettres ; on affectera par exemple la position 46 aux lettres NO, qui à elles seules ne définissent plus aucun bureau central, la position 52 au bureau NORd et la position 57 au bureau NOGent.

Dans la 8e rangée du traducteur, la connexion de la 46e broche est modifiée de façon que le 7e combineur de l'enregistreur est mis en service aussitôt que le traducteur est amené à cette position ; les points 7 et 4 du 3e combineur, atteints respectivement

Digitized by Google

par l'envoi et la réception de la 3e lettre R ou G, sont reliés, l'un à la 57e broche, l'autre à la 52e broche de la 3e rangée du traducteur ; les liaisons entre les points des combineurs de l'enregistreur et les broches des rangées du traducteur sont complétées pour tenir compte de la présence du 7e combineur.

La fonctionnement est alors le suivant pour l'appel d'un abonné d'un des bureaux à 3 lettres NORd et NOGent :

1° *Appel vers NORd.* — Les deux premières lettres étant envoyées et reçues, le traducteur est conduit à la position intermédiaire NO = 46 ; la 3e lettre et les quatre chiffres du numéro demandé sont envoyés et reçus par les combineurs 3 à 7 de l'enregistreur, le traducteur occupant la position 46 immédiatement après l'envoi des deux premières lettres et mettant en service le 7e combineur assez à temps pour recevoir et enregistrer le 4e chiffre.

Le traducteur étant à la position 46 est remis en action dès la réception de la 3e lettre et est conduit à la position 52 = NOR sous le contrôle de son 3e balai qui l'arrête à cette position.

Tous les balais étant à ce moment sur les broches 52 convenablement reliées aux relais compteurs, la sélection s'exécute suivant le code adopté, les 4e et 5e balais intervenant seuls et contrôlant les sélections 7 et 1.

2° *Appel vers NOGent.* — Le traducteur est amené à la position NO = 46 par les deux premières lettres ; le 7e combineur est mis en service ; la 3e lettre G fait passer le traducteur de la position NO = 46 à la position NOG = 57, où les 4e, 5e, 6e et 7e balais sont reliés par leurs broches 57 aux relais compteurs, de façon à provoquer les sélections successives 7, 5, 4, 2.

Si le bureau demandé est automatique, la sélection s'y achève sous le contrôle des combineurs de chiffres du bureau d'origine ; si le bureau demandé est manuel, l'appel, à la fin des sélections auxquelles le préfixe a donné lieu, apparaît sur un monocorde d'une position « B » pourvue d'un indicateur d'appel ; les combineurs de chiffres de l'enregistreur du bureau d'origine commandent aussitôt l'indicateur d'appel et font apparaître le numéro demandé sur un tableau lumineux placé devant l'opéra-

Digitized by Google

trice. Celle-ci complète la mise en communication en insérant la fiche du monocorde dans le jack général ou multiple de l'abonné demandé.

Le service des abonnés manuels entre eux ne subit aucun changement ; par contre, les appels des abonnés manuels vers les abonnés automatiques, après avoir été reçus verbalement de la façon ordinaire par l'opératrice « A » et avoir été dirigés par cette opératrice vers le bureau automatique de destination, doivent provoquer dans ce bureau la sélection du numéro demandé. Il est nécessaire de les transformer en appels automatiques ; deux procédés principaux sont préconisés : l'emploi de positions spéciales dites semi-B, intercalées entre les bureaux manuels et les bureaux automatiques, et l'emploi de jonctions directes reliant les positions des bureaux manuels aux bureaux automatiques.

1° *Positions semi-B.* — L'appel émanant d'un bureau manuel est reçu verbalement par l'opératrice A de ce bureau ; celle-ci le transfère par une jonction à une opératrice semi-B située soit au bureau manuel d'origine, soit au bureau automatique de destination. L'opératrice semi-B assure la liaison entre la jonction venant du bureau manuel et une jonction vers le bureau automatique ; elle transforme ensuite l'appel verbal en appel automatique en envoyant une série de trains d'impulsions correspondant au numéro demandé ; cet envoi est fait soit par un cadran d'appel, soit par un clavier convenablement disposé. Les impulsions sont reçues par un enregistreur qui contrôle les sélections comme dans le système automatique complet.

Pendant la plus grande partie de la période de transformation du réseau, il sera probablement avantageux de concentrer les opératrices et les positions semi-B dans les bureaux automatiques.

2° *Jonction directe.* — L'appel émanant d'un abonné manuel est reçu verbalement par l'opératrice A, qui relie directement la ligne appelante à une jonction aboutissant dans le bureau automatique demandé ; elle provoque ensuite directement elle-même sur cette jonction, par la manœuvre, soit d'un cadran d'appel, soit d'un clavier, les trains d'impulsions correspondant au

Digitized by Google

numéro demandé ; les impulsions sont reçues sur un enregistreur et contrôlent la sélection du numéro demandé comme en système automatique complet.

La méthode par position semi-B ne nécessite aucune modication des installations manuelles existantes, mais elle exige l'installation de positions semi-B et l'entretien d'opératrices supplémentaires ; elle nuit à la qualité du service en introduisant deux opératrices dans chaque mise en communication ; elle exige un matériel coûteux qui devient sans emploi lorsque le bureau manuel est transformé en automatique.

La méthode par jonction directe exige l'addition d'un équipement supplémentaire dans tous les bureaux manuels existants ; cet équipement est peu important et ne nécessite aucune modification des positions A elles-mêmes. Loin d'exiger l'augmentation du nombre total des opératrices, elle permet de réduire le nombre actuel des opératrices A ; la qualité du service est améliorée, une seule opératrice intervenant dans la mise en communication ; la plus grande partie du matériel supplémentaire conserve toute sa valeur et peut être utilisée lorsque le bureau manuel est transformé en automatique.

Digitized by Google

LA BOULISTERIE ÉLECTRIQUE DE L'HOTEL DES POSTES DE TUNIS,

Par E. CROUZET,
Inspecteur des Postes et Télégraphes,
chef des services électriques de l'office tunisien.

Le prix de la main-d'œuvre augmentant sans cesse, la question des transporteurs automatiques est de plus en plus à l'ordre du jour. A ce titre, il peut être utile de connaître les éléments de construction d'une installation assez simple qui fonctionne parfaitement et sans interruption à Tunis depuis huit ans. Établie économiquement avec un matériel que l'on trouve partout, elle peut servir d'installation type quand on veut réaliser un transporteur léger faisant le service qu'on pourrait demander à un tube pneumatique. Une telle installation est, en effet, intéressante pour les liaisons de service à service : par exemple, entre les guichets et la salle de transmission des dépêches, qui est souvent assez éloignée, comme c'est le cas à Tunis.

En dehors des frais de premier établissement, qui sont incomparablement moins élevés que ceux que nécessite l'aménagement d'une boulisterie pneumatique, l'entretien en est plus facile et plus économique. Quant aux dépenses d'énergie électrique, nécessaires au fonctionnement journalier, elles sont absolument infimes, comme nous le verrons plus loin, surtout si on les compare à celles qu'exigeraient des tubes à vide ou à air comprimé.

Ce transporteur comporte essentiellement une corde sans fin, en coton de 6 millimètres, ayant 74 mètres de longueur totale, sur laquelle est fixée une sacoche en cuir gras de 20 cm × 8 cm, du poids de 120 grammes, pouvant contenir une trentaine de télégrammes. Cette sacoche, commandée par des bou-

Digitized by Google

tons électriques, effectue le va-et-vient dans un caniveau de ciment en glissant sur une surface lisse et à peu près plane. Le

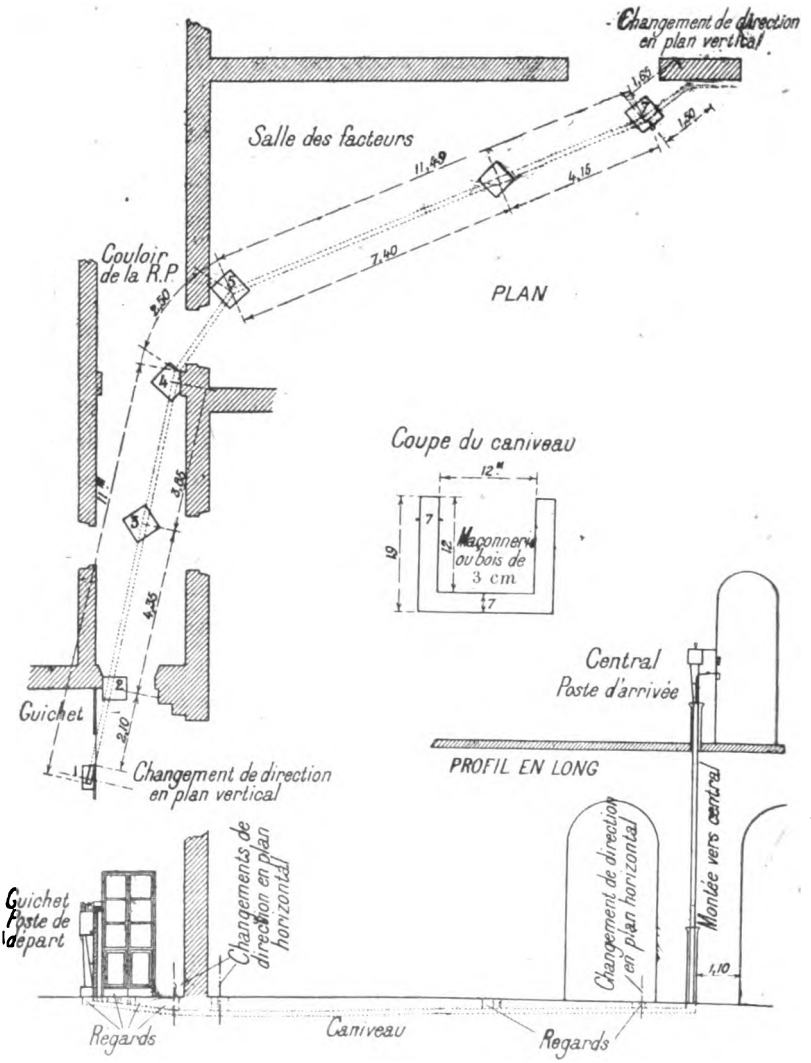


Fig. 1.

trajet, conforme à la figure 1, comporte quatre changements de direction dont le plan horizontal et deux ascensions ou descentes dans le plan vertical. La longueur totale réelle du che-

Digitized by Google

min parcouru par la sacoche est de 34 mètres. La durée d'un voyage est de 1min20s. A première vue, sacoche et corde sembleraient destinées à une vie très courte ; l'expérience a

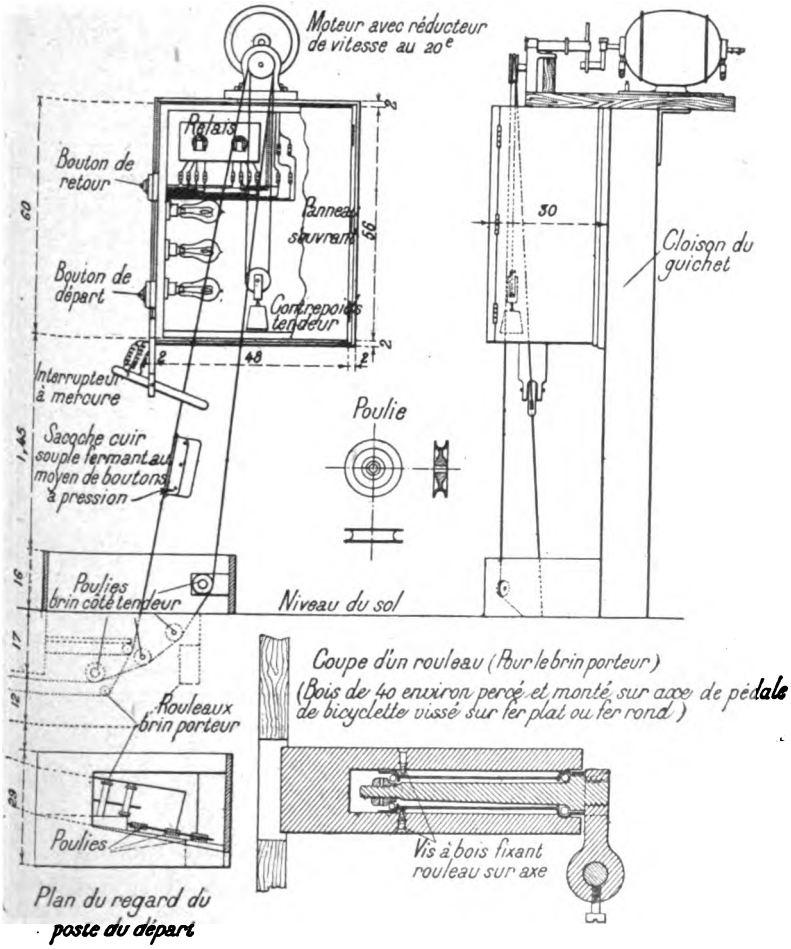


Fig. 2. — Poste de départ.

prouvé le contraire : malgré un service journalier de 14 heures, leur durée varie de 12 à 18 mois, ce qui représente de 100.000 à 150.000 voyages, Je dois ajouter qu'une cordelette en fil d'acier, qui a été aussi utilisée, dure moins, use davantage le matériel, et nécessite un effort plus grand.

Digitized by Google

La corde sans fin est entraînée par un moteur électrique de faible puissance (1/8 de cheval). En ordre de marche, celui-ci consomme 0^{W}, 8 sous 110 volts. L'arbre du moteur électrique est embrayé directement par un toc sur un réducteur de vitesse au vingtième qui commande un tambour en fibre à deux gorges où

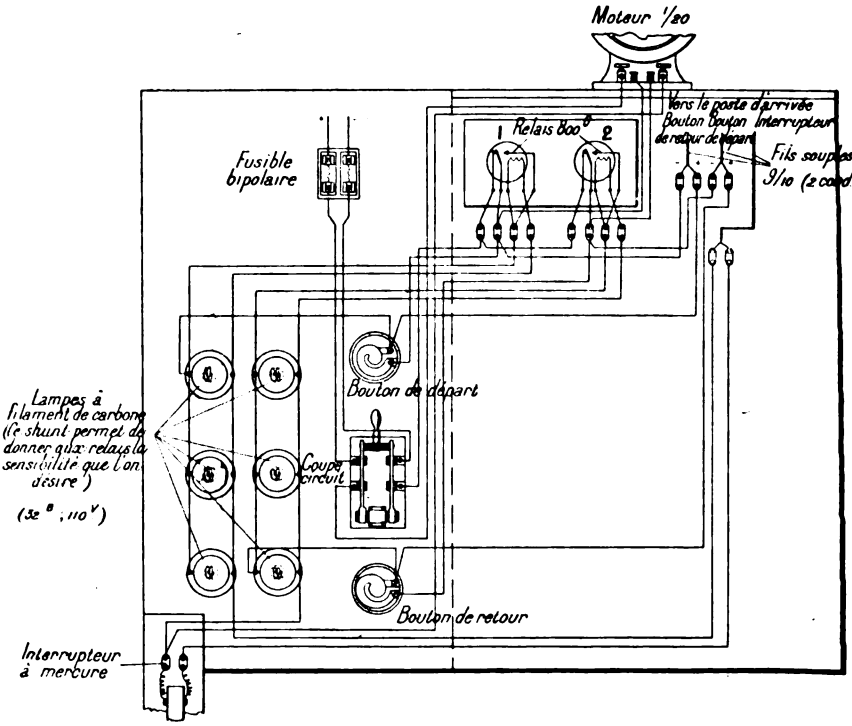


Fig. 3. — Poste de départ : câblage.

passe deux fois, dans le même sens, la corde sans fin. La figure 2 montre de quelle façon s'effectue l'entraînement de la corde, qui est tendue au dessous du tambour par une poulie à une gorge supportant un poids de 2 kilos. La tension du brin est, dans ces conditions, de l'ordre d'un kilo. L'entraînement est très énergique, mais on pourrait, à la demande, augmenter encore ce coefficient en multipliant le nombre des gorges sur le tambour et sur la poulie en même temps qu'en augmentant le poids. Le moteur avec ses rhéostats et ses relais de commande se trouve à un bout ; à l'autre extrémité, il existe une simple

Digitized by Google

poulie de renvoi. Chaque station dispose de deux boutons de commande et d'un interrupteur d'arrêt, complété, le cas échéant, par une sonnerie avertisseuse. Le fonctionnement est absolument sûr et ne nécessite aucune précaution ; en pleine marche, il suffit qu'on appuie sur le bouton de retour pour que la sacoche s'arrête et revienne immédiatement à son point de départ. Le schéma électrique de la figure 4 montre clairement quel est le mode d'inversion de courant permettant, au

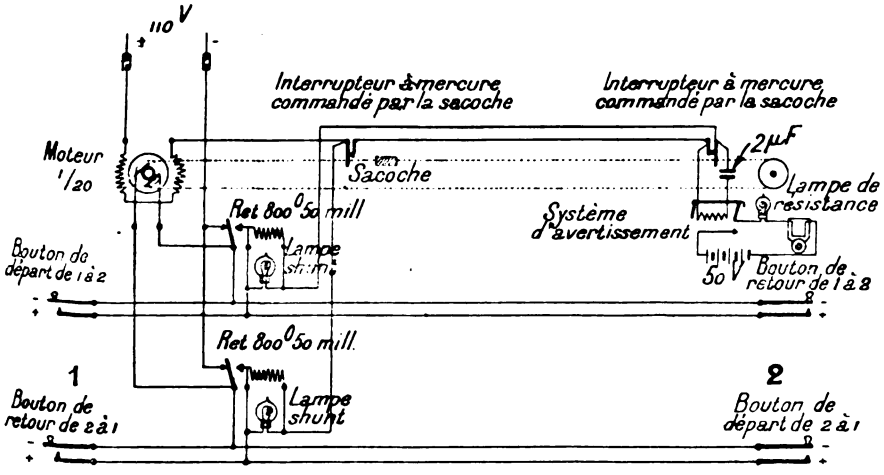


Fig. 4.

moyen de relais de collage, la marche dans les deux sens. La simplicité du système avertisseur commandé par un condensateur est également à retenir.

Matériel et procédés de construction. — L'essentiel est de réduire au strict nécessaire, dans une installation de ce genre, les pertes d'énergie par frottement : si l'on réalise des conditions telles que la seule perte de force appréciable réside dans le glissement de la sacoche, on peut être assuré du succès. En ce qui concerne les surfaces de frottement, ciment lissé ou bois dur raboté, elles se perfectionnent d'elles-mêmes ; il suffit, à la mise en route, de faciliter le glissement par quelques pincées de poudre de savon et de poudre de talc : on n'a plus jamais, par

Digitized by Google

la suite, à s'en préoccuper. Dans la construction, ce qui doit donc retenir tous les soins, c'est le guidage de la corde sans fin.

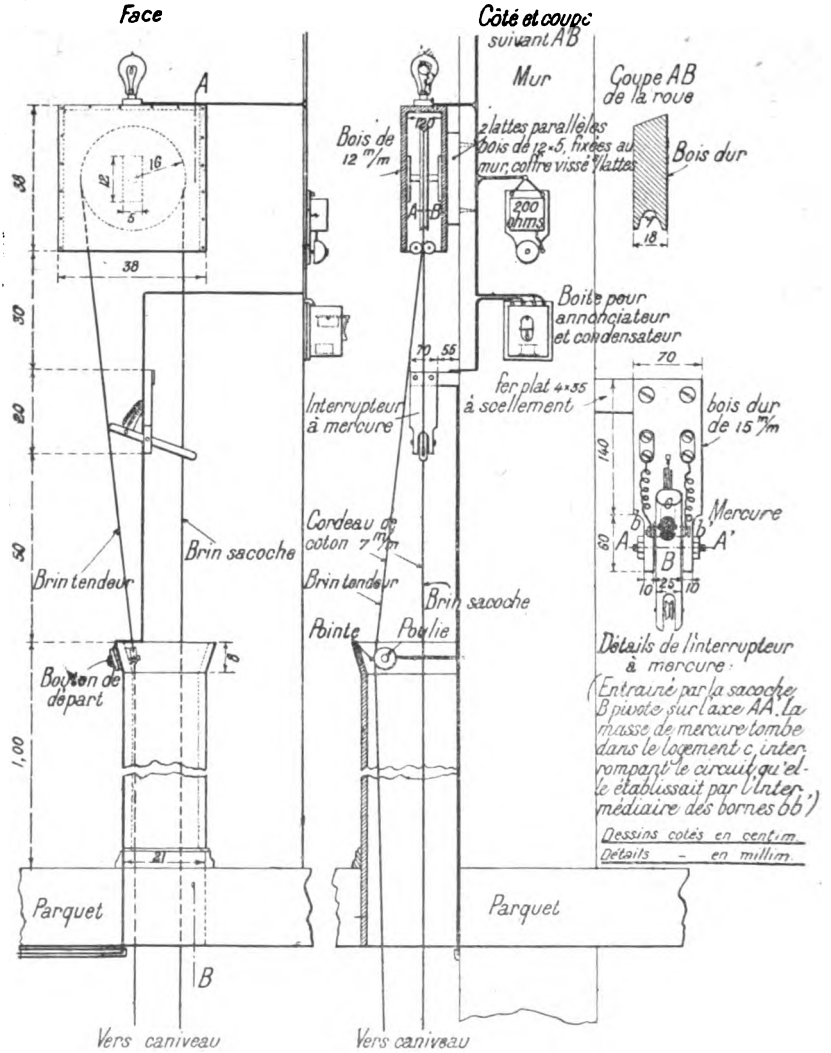


Fig. 5. — Poste d'arrivée.

Il faut que celle-ci ne joue que sur des poulies ou des tambours dont le roulement soit parfait.

Le brin porteur, asservi par la sacoche qui demande de l'es-

Digitized by Google

pace et du champ, ne peut être guidé ou soutenu sur tout son parcours que par des tambours judicieusement placés et bien protégés. L'autre brin, au contraire, peut suivre un trajet plus direct ou même totalement différent si les dispositions des lieux le permettent : des poulies légères de 5 centimètres de diamètre, bien accessibles pour le graissage, suffisent pour

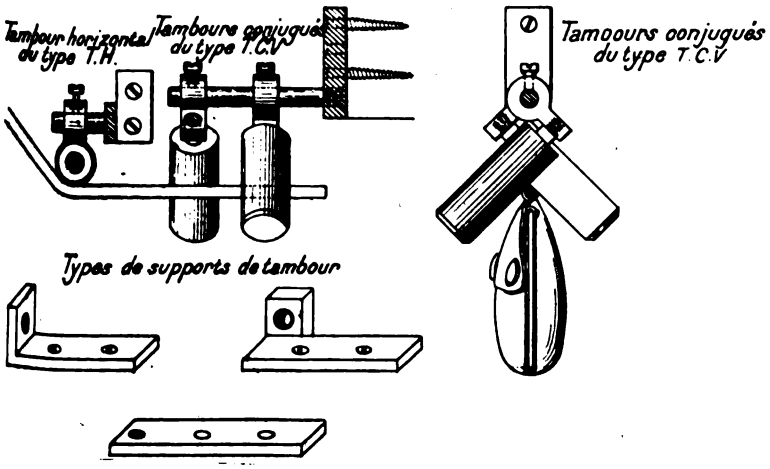


Fig. 6.

assurer son libre déplacement, à la condition d'éviter les angles trop vifs et de bien placer leur axe perpendiculairement au plan de cheminement du brin. Ces poulies en acier estampé se trouvent dans le commerce ; leur valeur unitaire est de l'ordre de 1f,50. Les tambours destinés au brin porteur nécessitent au contraire une exécution soignée, pour assurer un long usage, résister à l'usure et à la poussière et surtout pour ne causer qu'une perte négligeable dans le roulement. Précisément, il existe dans l'industrie des pièces mécaniques qui répondent assez bien à tous ces desiderata et qui sont d'un prix de revient tout à fait acceptable : ce sont les axes de roulement montés sur billes qu'on utilise dans la construction des bicyclettes. Fabriqués en grande série, très bien étudiés au point de vue de l'usure, du graissage, de la protection et du roulement, ils ont donné en cette circonstance les meilleurs résultats. Pour cet

Digitized by Google

usage, ce sont les axes de pédale, d'une valeur de 5 à 6 francs, qui s'adaptent avec le plus de facilité : chaussés d'un fourreau de bois ou mieux de fibre rouge, uniformément vissés sur une

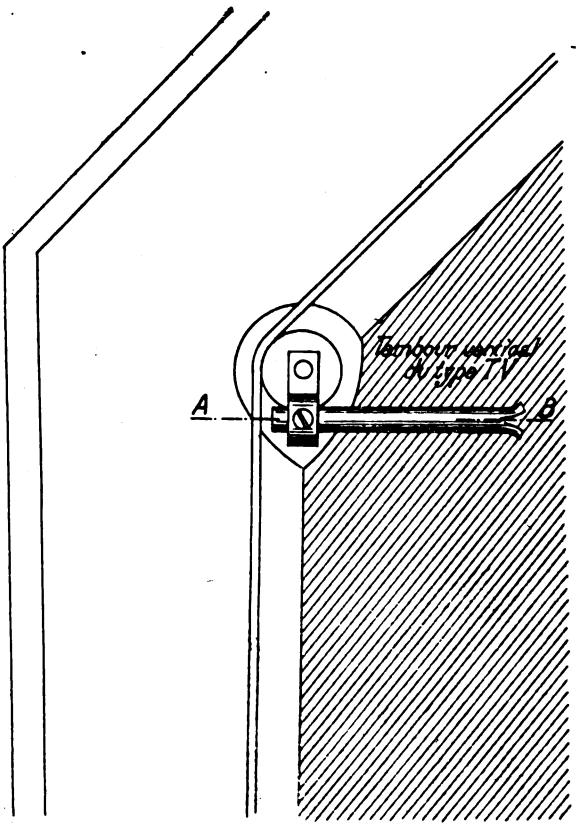


Fig. 7. — Rotation dans le plan horizontal. Un angle de 90° s'aborde par deux rotations de 45° (tambours espacés de 25 à 50 cm).

monture qui se prête à toutes les inclinaisons, ils permettent de canaliser le brin porteur sur des tracés même assez tortueux. Seule, la tige de fixation sur laquelle ils sont aisément amovibles varie dans sa construction, suivant qu'elle est vissée ou scellée, ou suivant qu'il s'agit d'un changement de direction dans le plan vertical ou dans le plan horizontal. Les figures 6, 7, et 8 reproduisent les divers modèles employés. Dans certains

Digitized by Google

cas, lorsque les exigences du tracé ne permettent pas à la sacoche de se tenir librement suspendue par son poids dans le plan du cheminement, il devient nécessaire de placer des ailes de guidage en tôle au voisinage des tambours horizontaux. En tout cas, ces adjonctions sont d'une réalisation toujours facile, et il suffit d'observer comment se comporte la sacoche aux passages délicats pour leur donner le profil approprié. Il ne

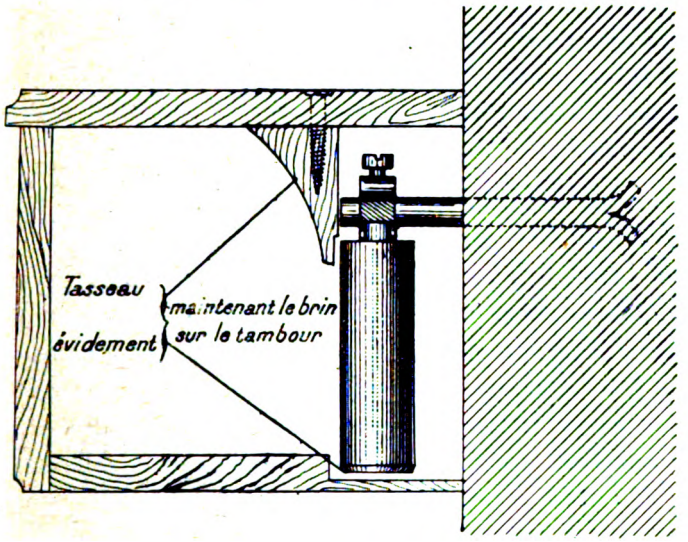


Fig. 8. — Tambour vertical TV dans son caniveau (vue de côté).

faut pas oublier non plus, si rarement que le fait se présente, que l'on peut avoir à remplacer la corde sans fin ; il est nécessaire, en conséquence, que les rouleaux tournent dans des évidements où la corde ne puisse s'engager même quand elle est détendue, et que l'emplacement des poulies permette aussi de mettre en place le brin tendeur avec commodité.

Pour avoir une idée de l'ordre de grandeur des dépenses à engager dans une installation comme celle-ci, voici le matériel qu'elle comporte :

	Prix actuels
1 moteur électrique type série (1/8 de cheval, 110 volts continu, 1.500 tours).....	320 f

Digitized by Google

2 relais de collage avec lampes shunt.....	80 f
1 appareillage (lignes, boutons, interrupteurs).	120 f
1 réducteur de vitesse monté sur billes (engrenages dans l'huile, modèle américain actionnant les meules d'émeri à grande vitesse que l'on trouve chez tous les quincailliers).....	60 f
1 poulie de renvoi montée sur axe à billes....	30 f
1 douzaine de tambours montés sur billes...	80 f
22 poulies pour le brin tendeur.....	30 f
1 douzaine d'axes de fixation.....	60 f
1 sacoche et sa corde.....	40 f
Total...	820 f

La menuiserie, la construction des caniveaux, les travaux de percement et la mise au point sont d'un prix assez élevé, variable suivant la disposition des locaux. A Tunis, on a tiré parti d'une ancienne boulisterie à gravité ; et la mise au point, effectuée à temps perdu par le chef d'atelier de force motrice, n'a pas été très coûteuse. Cette installation a du reste donné des résultats assez intéressants pour qu'on la reproduise à Tunis entre la salle d'expédition des télégrammes et la salle des facteurs. On a donc construit ainsi, avec le même succès, un autre transporteur de ce modèle, dont le tracé est plus court, qui ne nécessite qu'un moteur de machine à coudre d'un vingtième de cheval, et qui fonctionne sans défaillance dans les mêmes conditions depuis 1921.

Digitized by Google

SYSTÈME DIPLEX POUR CABLES SOUS-MARINS,

par E. MONTORIOL,
Inspecteur des Postes et Télégraphes.

Ce nouveau système a été récemment inventé, aux États-Unis, par M. Pernot.

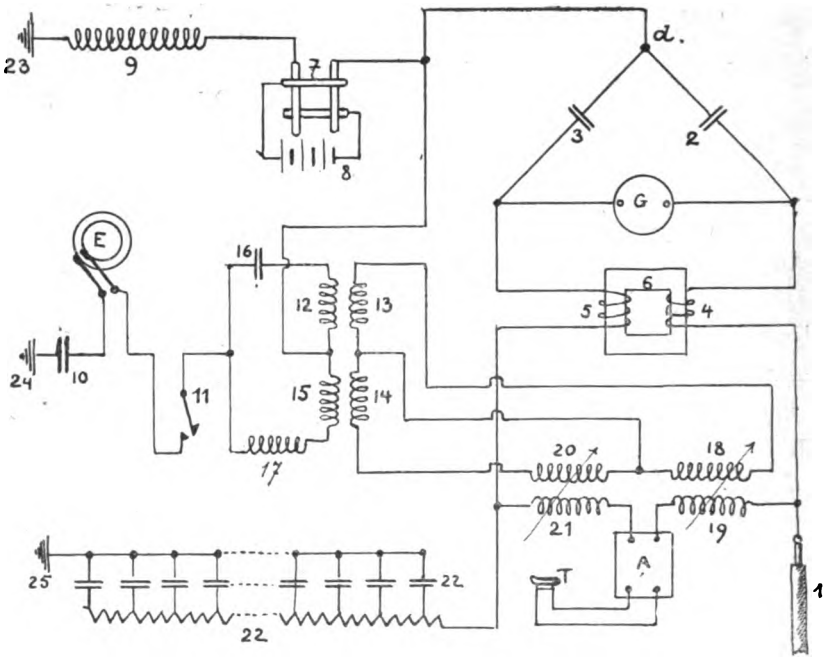
La transmission à courant continu est effectuée par le manipulateur de câble 7 (voy. fig.) dont la pile 8 prend terre à travers une inductance 9 destinée à arrêter les courants alternatifs ; elle se bifurque, au pont *d* entre le câble 1 et la ligne artificielle 22. Les enroulements 4 et 5 de la bobine 6 sont tels qu'ils n'offrent qu'une impédance nulle aux courants continus. La réception a lieu dans l'appareil G, placé dans la première diagonale du pont.

Les courants alternatifs (à 500 périodes environ) sont produits par la génératrice E, dont l'un des balais est relié à la terre à travers le condensateur 10, et l'autre au manipulateur Morse 11. Lorsqu'on abaisse celui-ci, les courants, pour se rendre au pont *d*, se partagent entre le condensateur 16 et la self 17 ; ils parcourent ainsi les primaires 12 et 15 de deux transformateurs, dont les secondaires 13 et 14 sont en série respectivement avec deux autres primaires 20 et 18 ; les secondaires 21 et 19 forment la seconde diagonale, dans laquelle est inséré le récepteur T, par l'intermédiaire de l'amplificateur A, Les courants de transmission, bifurqués en 16 et 17, sont déphasés en sens inverse et produisent, dans les secondaires 13 et 14, des actions également en opposition : en réglant convenablement les couplages 20-21 d'une part, 18-19 d'autre part, on arrive à neutraliser l'action qui résulterait d'une dérivation des courants de départ dans la deuxième diagonale.

A l'arrivée, les courants alternatifs ne peuvent se perdre ni dans le manipulateur 7, à cause de l'inductance 9, ni dans la

Digitized by Google

diagonale G ou dans les condensateurs 2 et 3, à cause de la bobine 6, dont les enroulements 4 et 5 sont en sens inverse et



leur opposent une grande impédance : ils ne peuvent se rendre que dans la seconde diagonale 19-21 : ils impressionnent l'amplificateur A, qui, à son tour, actionne le récepteur T.

Ce système, installé par la compagnie Eastern entre Gibraltar et Malte, permet ainsi d'échanger simultanément trois transmissions : deux en duplex ordinaire et une, alternée, par courants alternatifs.

Digitized by Google

NOTE SUR LES RELAIS A ACTION DIFFÉRÉE (1),

Par Ch. SUCHET,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

On emploie couramment, en téléphonie automatique, des relais destinés à n'agir sur leur armature qu'avec un certain retard.

Ils sont construits comme les relais ordinaires ; mais un collier de cuivre entourant le noyau est placé à l'une ou l'autre des extrémités de celui-ci.

Lorsque l'armature est en position de travail et que l'on rompt le circuit de la bobine, il naît dans le collier de cuivre des courants de Foucault qui prolongent le passage du flux et par conséquent la durée de l'attraction. La durée d'attraction ou de relâchement d'un relais ordinaire est de l'ordre de 1/100 de seconde. On a pu, par ce procédé, augmenter cette durée jusqu'à 6/10 de seconde. Ce fait se produit quel que soit l'emplacement du collier.

Au contraire, au moment de l'établissement du courant dans la bobine, l'armature étant en position de repos, le relais n'agit pas de la même manière selon que le collier de cuivre est placé du côté de l'armature ou du côté opposé.

Marquons en flèches pleines le parcours du flux principal, et en flèches pointillées le parcours du flux antagoniste créé par les courants de Foucault pendant la période, variable, d'établissement du courant (fig. 1). Si le collier C est du côté de l'armature A, les lignes de force du flux antagoniste se ferment en suivant le même parcours que le flux principal et elles traversent l'entrefer. Le champ dans l'entrefer est ainsi

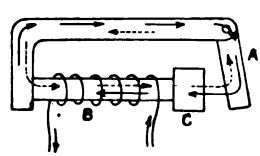


Fig. 1.

(1) Extrait du *Cours d'électricité* de M. Suchet (voy. Bibliographie).

Digitized by Google

affaibli et n'atteindra qu'après un certain temps la valeur nécessaire pour provoquer l'attraction de l'armature.

Il n'en est pas de même si le collier de cuivre est placé du côté opposé. En effet, le circuit magnétique parcouru par le flux principal étant réluctant, puisqu'il comprend l'entrefer, le flux antagoniste, à sa sortie du collier de cuivre, se perd en nombreuses fuites ff (fig. 2). La portion de ce flux qui traverse l'entrefer est donc faible, et d'autant plus que le collier sera plus éloigné. Le retard à l'attraction est, dans ce cas, insignifiant.

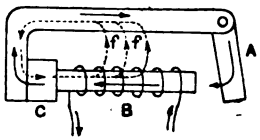


Fig. 2.

On obtient des relais insensibles aux courants alternatifs en entourant la bobine, sur toute sa longueur, d'une chemise de cuivre (fig. 3). Chaque variation de flux produite par la bobine est annihilée par le flux dû aux courants de Foucault, en sorte que, si l'on alimente la bobine avec du courant alternatif, le flux principal n'a pas le temps de s'établir avant que l'intensité ne commence à décroître. Il ne peut ainsi passer aucun flux, et le relais n'agit pas sur son armature.

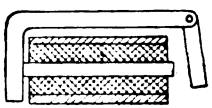


Fig. 3.

Alimenté en courant continu, ce relais provoque, bien entendu, le retard au relâchement et à l'attraction.

Digitized by Google

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Les nouveaux appareils téléphoniques à batterie centrale, du type de 1924, de l'Administration. — A la suite du concours pour le choix d'appareils à batterie centrale types (1), l'Administration a retenu deux modèles :

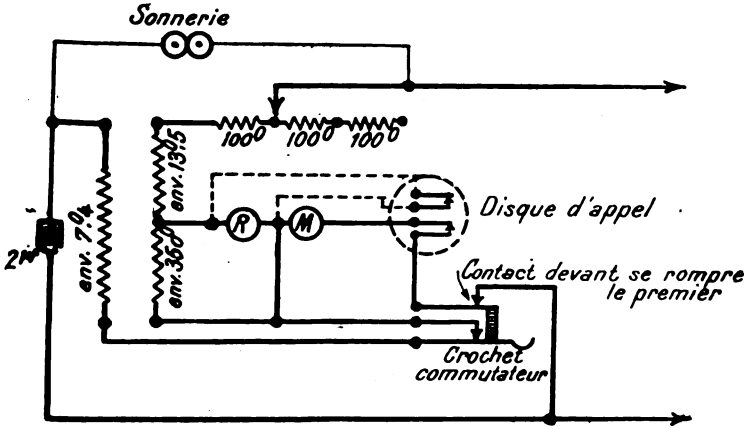


Fig. 1.

1° un combiné à récepteur électro-magnétique, montage en série, ajustage anti-local, et résistances de réglage de l'alimentation (fig. 1, 3, 4) ;

2° un microphone « solid back », à amortisseur central amélioré (fig. 2, 7, 8). Chacun de ces appareils peut être monté sur poste mobile ou sur applique murale.

Le combiné comporte un récepteur électro-magnétique avec montage anti-local partiel (fig. 1). Les meilleures conditions de fonctionnement sont réalisées quand le récepteur est traversé par un courant de 55 milliampères. Pour obtenir ce résultat, en ce qui concerne les lignes courtes, une résistance, divisée en sections de 100 ohms, peut être mise en série avec la ligne d'abonné.

(1) Voy. *Annales des P. T. T.* : 1922, p. 458 et 459.

Digitized by Google

On a prévu, sur le socle du poste mobile et sur le boîtier du poste mural, un emplacement destiné à recevoir le disque d'appel lorsque ces postes seront utilisés dans un réseau automatique.

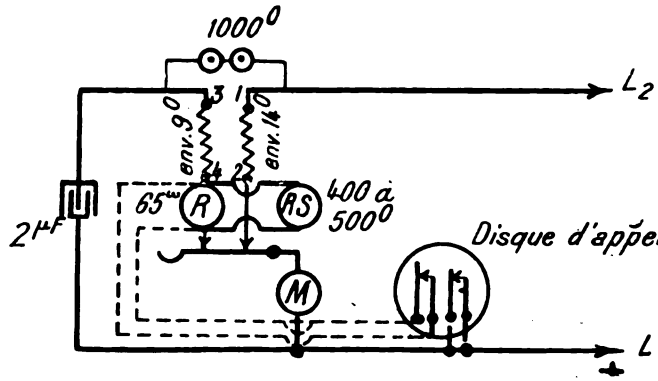


Fig. 2.

Nous allons décrire brièvement le fonctionnement de ces deux appareils, en donnant les schémas et les photographies néces-

Fig. 3. — Poste mobile à combiné.

saires, ainsi que les courbes de l'efficacité en fonction de la résistance de la ligne d'abonné (fig. 12 et 13).

1° Fonctionnement du poste à combiné. — RÉCEPTION. —

Digitized by Google

Les courants téléphoniques arrivent par la ligne A (fig. 5) et traversent l'enroulement de $13^{o},5$ de la bobine d'induction, puis se

Fig. 4. — Poste mural à combiné.

divisent : une partie traverse l'enroulement de 350 ohms de la bobine, l'autre passe dans le récepteur (flèches en trait plein). Les courants gagnent ensuite la ligne B par le transmetteur.

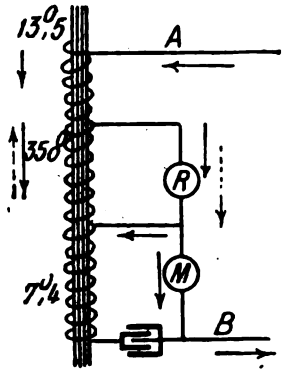


Fig. 5.

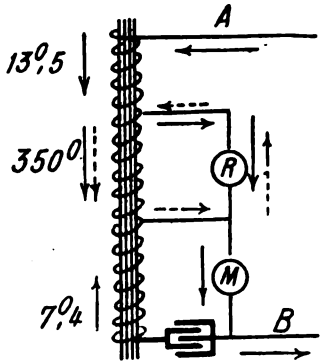


Fig. 6.

En passant dans l'enroulement de $13^{o},5$, les courants induisent, dans l'enroulement de 350 ohms, un courant qui tend à

Digitized by Google

venir renforcer l'action des courants de ligne sur le récepteur (flèches pointillées).

Fig. 7. — Poste mobile à « solid back ».

TRANSMISSION. — Supposons que le diaphragme du transmetteur se meuve vers l'intérieur, de façon à diminuer la résistance du transmetteur. Le courant dans la ligne augmente d'intensité. (Le sens du courant instantané est indiqué par les flèches en trait plein.)

Le condensateur du poste est normalement chargé par la différence de potentiel aux bornes du transmetteur. Quand la résistance du transmetteur diminue, la différence de potentiel diminue également et le condensateur se décharge au travers de la bobine de $7^{O},4$ et du transmetteur. Le courant qui traverse la bobine de $7^{O}4$, induit dans les bobines de $13^{O}5$, et de 350 ohms un courant de même sens (flèches pointillées) que le courant de ligne, qui se trouve ainsi renforcé. Une partie du courant induit se ferme par le récepteur et parcourt celui-ci en sens inverse du courant de ligne. L'effet anti-local est ainsi réalisé et l'abonné n'entend pas ses propres paroles.

Fig. 8. — Poste mural à « solid back ».

La bobine est construite de façon à donner un effet anti-local maximum avec une ligne d'impédance moyenne.

Digitized by Google

Des résistances, enroulées sur la bobine, servent à augmenter la résistance de la ligne dans le cas d'une ligne courte, de manière à régler l'intensité du courant continu, dans le but de magnétiser le récepteur à son point de rendement maximum, d'éviter un courant exagéré dans le microphone, et d'égaliser la puissance de transmission (fig. 6).

2° Fonctionnement du poste à « solid back ». — Réception. — Les courants téléphoniques arrivent par la ligne A (fig. 9) et traversent l'enroulement de 9 ohms de la bobine d'induction, puis se divisent : une partie va au transmetteur, l'autre va au récepteur et passe par l'enroulement de 14 ohms de la bobine d'induction et le condensateur. Cette partie du courant qui arrive directement au récepteur est si faible qu'elle peut être pratiquement négligée, étant donné que le circuit du transmetteur est beaucoup moins résistant et dépourvu de self-induction. Les courants qui affectent réellement le récepteur sont induits dans l'enroulement de 14 ohms de la bobine d'induction par le passage des courants dans l'enroulement de 9 ohms.

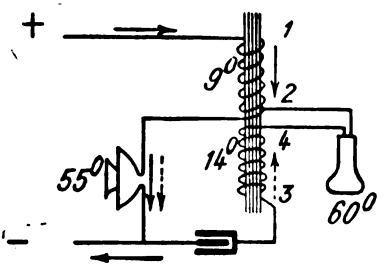


Fig. 9.

Il est à remarquer que l'effet direct très faible des courants de la deuxième partie est en opposition avec celui des courants induits.

Transmission. — Le transmetteur agit de deux manières distinctes : 1° En faisant varier directement la résistance du circuit, il fait varier le courant dans le translateur situé au bureau central ; 2° Par les courants induits dans l'enroulement de 9 ohms de la bobine d'induction, il produit des variations de courant. Supposons que le diaphragme du transmetteur se meuve vers l'extérieur de façon à augmenter la résistance du transmetteur (fig. 10). Le courant de ligne, représenté par des flèches pleines, diminue d'intensité. Or le condensateur du poste est normalement chargé par la dif-

Digitized by Google

férence de potentiel existant aux bornes du transmetteur. Quand la résistance du transmetteur augmente, la différence de potentiel aux bornes du transmetteur augmente aussi et un courant charge le

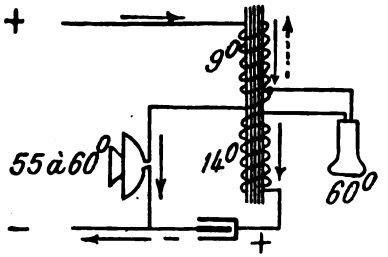


Fig. 10.

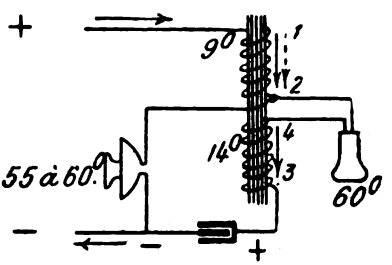


Fig. 11.

condensateur à travers l'enroulement de 14 ohms de la bobine, dans la direction de la flèche pleine.

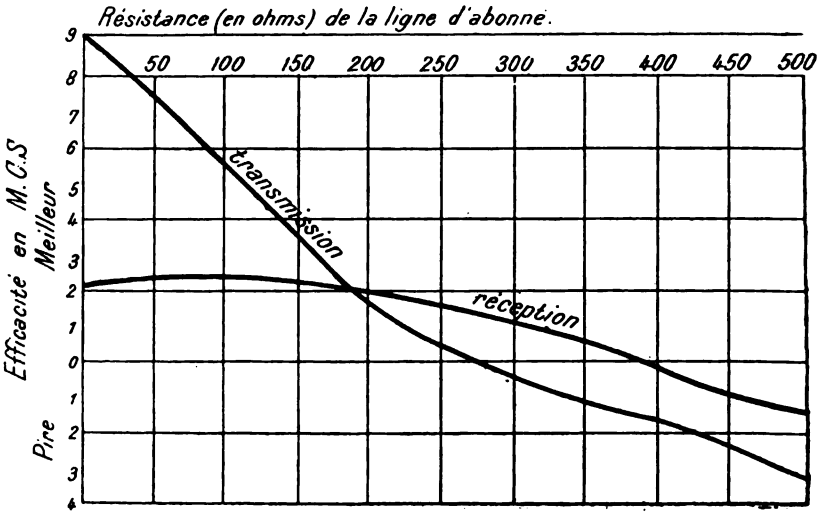


Fig. 12. — Courbe (en fonction de la résistance de la ligne d'abonné) de l'efficacité à la transmission et à la réception des postes mobiles à combiné.

Le courant induit un courant secondaire dans la bobine de 9 ohms dans le sens de la flèche pointillée, opposé au courant de ligne et qui par conséquent diminue encore celui-ci. Les effets directs et induits produits par le transmetteur tendent donc tous deux à diminuer le courant qui circule dans la ligne. Quand le dia-

Digitized by Google

phragme du transmetteur se meut vers l'intérieur, l'effet inverse se produit (fig. 11).

Le courant de ligne est renforcé par les courants induits. La chute de potentiel aux bornes du transmetteur provoque la

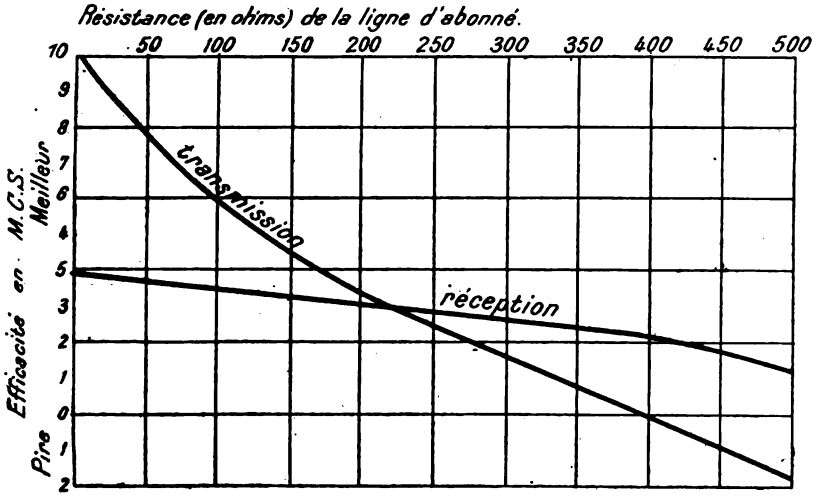


Fig. 13. — Courbe (en fonction de la résistance de la ligne d'abonné) de l'efficacité à la transmission et à la réception des postes mobiles à « solid back ».

décharge proportionnelle du condensateur et un courant passe dans la bobine de 14 ohms dans le sens de la flèche pleine ; ce courant induit un second secondaire dans la bobine de 9 ohms dans la direction de la flèche pointillée, courant qui s'ajoute à celui de la ligne.

Note. — 1° Une grande résistance dans le circuit du transmetteur a un effet nuisible sur la réception.

2° L'inversion d'un enroulement de la bobine d'induction par rapport à l'autre diminue beaucoup la transmission, mais n'a pas d'effet sensible sur la réception.

Digitized by Google

INFORMATIONS.

La conférence télégraphique internationale de Paris

(*La technique moderne* : 1er novembre 1925). — La télégraphie internationale est régie actuellement par la convention signée à Saint-Pétersbourg en 1895 ; cette convention est complétée par un règlement d'exécution, révisé périodiquement ; la dernière révision fit l'objet, en 1908, de la conférence de Lisbonne à laquelle avaient adhéré cinquante États et plus de vingt compagnies télégraphiques privées.

Il avait été décidé en 1908 que la prochaine conférence se réunirait à Paris en 1915, mais, par suite de la guerre, c'est le 1er septembre 1925 que la conférence télégraphique internationale fut convoquée à Paris. La France a reçu ce jour-là les délégués de 82 nations et de 48 compagnies privées.

De nombreux offices avaient songé, avant la réunion de la conférence, à étendre son champ d'action, afin de lui permettre d'englober dans une réglementation unique la télégraphie et la radiotélégraphie (pour laquelle la convention en vigueur, signée à Londres en 1912, ne concerne que les communications échangées entre les stations côtières et les stations de bord). La réalisation de ce projet s'est heurtée à certaines difficultés et la conférence de Paris a conservé un caractère purement télégraphique ; c'est à Washington que se réunira incessamment la prochaine conférence radiotélégraphique internationale.

Plus de 1200 questions étaient inscrites à l'ordre du jour des séances, et celles relatives aux tarifs et aux codes ont été particulièrement examinées. Cinq grandes commissions sont constituées au sein de la conférence : commissions de la convention, du règlement, des tarifs, des téléphones (qui sont régis par la conférence internationale de télégraphie), et de rédaction.

Digitized by Google

L'activité commerciale des avions postaux américains (*Le Génie civil* : 31 octobre 1925). — D'après le *Scientific american* de septembre, les avions postaux américains assurant le service transcontinental et le service de nuit New-York—Chicago fonctionnent avec une régularité et une activité remarquables. En six ans, les avions postaux ont parcouru près de 12 millions de kilomètres et transporté près de 55 millions de lettres. Le service est quotidien, et effectué en toute saison et par tous les temps, avec une régularité qu'on évalue à 92 °/₀, malgré les intempéries si fréquentes dans les zones traversées par ces appareils. Le service ne fonctionne sur tout le parcours transcontinental que depuis le 1er juillet 1924, la période d'exploitation correspondante étant précisément, malgré les vols de nuit et de jour, celle qui correspond au meilleur coefficient de régularité, ce qui montre que le rendement est en période de croissance, et qu'il s'améliorera encore dans les exercices suivants. Le service comporte, à l'heure actuelle, un départ chaque matin de New-York et un départ de San-Francisco. L'arrivée se fait le lendemain vers 5 heures, après 32 heures et demie de vol, de sorte que les courriers Atlantique—Pacifique sont sensiblement plus rapides qu'autrefois. On attend du congrès américain des décisions qui permettront de donner à ce service toute la souplesse et toute l'intensité nécessaires.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Cours d'électricité. Applications à la télégraphie et à la téléphonie, par Ch. SUCHET, ingénieur des Postes et Télégraphes. *Livre I* : Étude du courant, magnétisme, électrostatique. — Paris, librairie de l'enseignement technique (Bibliothèque des Annales des Postes et Télégraphes), 1925. — Un volume de 364 pages, illlustré de 295 figures. Prix : 25 francs.

M. Suchet, ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur des Postes et Télégraphes, est chargé de la direction des cours d'instruction des agents mécaniciens et des monteurs des P.T.T.. Il a déjà professé à plusieurs promotions d'élèves agents-mécaniciens le cours d'électricité dont cet ouvrage est la reproduction.

Les élèves agents-mécaniciens de l'administration des P.T.T. n'ont, au moment de leur admission au cours, qu'un bagage mathématique élémentaire et, de plus, l'enseignement qui leur est donné doit être avant tout pratique, en raison des occupations qui leur incomberont dans leur carrière. Cependant de solides connaissances théoriques en électricité leur sont indispensables pour pouvoir s'assimiler parfaitement l'étude de la télégraphie et de la téléphonie.

C'est pourquoi l'auteur s'est proposé un double but. D'une part, il a cherché à faire un exposé aussi complet et aussi rigoureux que possible des lois de l'électricité, sans jamais faire appel cependant à des notions mathématiques plus élevées que l'algèbre du premier degré. D'autre part, il a constamment illustré son exposé théorique par des applications pratiques, choisies dans la technique télégraphique et téléphonique ainsi que par des exercices numériques très nombreux.

L'organe essentiel de la télécommunication est l'électro-aimant; son réglage et son entretien doivent faire l'objet de l'attention continuelle des mécaniciens. Aussi les chapitres concernant les phéno-

Digitized by Google

mènes d'aimantation et l'étude des électro-aimants sont-ils particulièrement développés.

L'influence du champ démagnétisant, son utilisation pour combattre la rémanence dans les électros, les procédés pratiques d'aimantation et de désaimantation du fer sont analysés en détail. On trouvera également dans ces chapitres une étude concernant la force d'attraction d'un électro-aimant sur son armature et sa variation en fonction de l'intensité du courant et en fonction de la grandeur de l'entrefer. Le problème, si important en télégraphie, de la recherche de la sensibilité d'un électro-aimant, est traité, ainsi que sa solution par l'emploi des électros à armature polarisée ou à noyau polarisé.

Enfin, l'exploitation des multiples téléphoniques ne cessant de mettre en lumière la nécessité de relais bien calculés, un chapitre est consacré au calcul des électro-aimants. Le lecteur y verra comment on peut, assez simplement, déduire les caractéristiques d'un relais des conditions auxquelles il doit satisfaire.

Une question importante également est celle de la self-induction. L'auteur indique comment on peut calculer le coefficient de self-induction d'une bobine et signale les effets de la self-induction dans les électro-aimants. L'influence remarquable d'une induction mutuelle sur le coefficient de self d'une bobine, qui ne se démontre habituellement qu'à l'aide d'équations différentielles, est étudiée au point de vue purement physique, et son explication est donnée sans le secours des mathématiques.

La théorie du fonctionnement des relais à action différée, d'un usage constant en téléphonie automatique, et des relais insensibles aux courants alternatifs, est également exposée.

Il importe que le personnel, et en particulier les mécaniciens, soient exercés aux mesures électriques. Des exercices pratiques de mesures sont organisés dans ce but au cours d'instruction des agents-mécaniciens. Aussi le volume comporte-t-il également l'indication de nombreux procédés de mesure (résistances, forces électromotrices, champs, capacités). Il se termine par une vue d'ensemble des systèmes d'unités électriques.

Quelques problèmes, proposés au concours d'admission ou au

Digitized by Google

cours d'instruction des agents-mécaniciens, sont mentionnés dans les dernières pages avec leurs solutions.

Un second volume, actuellement en préparation, doit comporter l'étude des dynamos et moteurs à courant continu, la méthode de représentation par vecteurs tournants pour les courants alternatifs, l'étude des alternateurs, transformateurs, moteurs à courants alternatifs, ainsi qu'un exposé succinct des oscillations électriques, lampes à vide, redresseurs, et de la propagation des courants sur les lignes.

Cet ouvrage, quoique écrit spécialement pour les agents-mécaniciens, rendra également des services aux élèves de l'École supérieure (section des rédacteurs élèves) et aux candidats à cette école, ainsi qu'à tout le personnel des Postes et Télégraphes soucieux de perfectionner ses connaissances sur les mesures électriques et sur le fonctionnement des appareils.

Etude des courants telluriques, par David Stenquist, docteur ès sciences, ingénieur des télégraphes (Mémoire publié par la direction générale des télégraphes de Suède). Stockholm, R. W. Statlanders Boktryckeri, 1925. Texte français : 80 pages et 43 figures.

Si l'on met à la terre les deux extrémités d'un fil télégraphique, l'une directement, l'autre à travers un galvanomètre, on observe le passage d'un courant, même si le fil n'est soumis à aucune induction, les prises de terre étant situées dans des régions où elles ne puissent capter aucun courant de dérivation. Ce courant est la résultante de trois courants élémentaires :

1) un courant causé par la différence des forces électromotrices dues aux plaques de terre, qui est sensiblement constant si la résistance du fil télégraphique est rendue assez grande,

2) un courant dû à l'électricité atmosphérique qui se présente généralement sous la forme d'impulsions très brèves et faciles à reconnaître,

3) enfin un courant, qui en temps ordinaire varie d'une façon continue et qu'on appelle courant tellurique.

Ces courants telluriques, de sens et de grandeur différents d'ailleurs suivant les latitudes, suivent les variations du magnétisme

Digitized by Google

terrestre et, en temps d'orage magnétique, peuvent atteindre une intensité telle qu'ils rendent impossible tout trafic télégraphique. Aussi en Suède, où les perturbations magnétiques, accompagnées ou non d'aurores boréales, sont assez fréquentes dans les années où le soleil présente des taches, l'administration des télégraphes étudie-t-elle soigneusement cette question. M. David Stenquist, ingénieur des télégraphes, qui s'est spécialisé dans cette étude, a réuni, dans un mémoire publié par la direction générale des télégraphes de Suède, les résultats de ses nombreuses observations.

Dans le premier chapitre, l'auteur étudie la variation diurne du courant normal. A ce sujet, il rappelle les travaux de différents observateurs étrangers : Nippoldt en Allemagne, W. Barlow en Angleterre, Wild en Russie, etc..., et les mesures effectuées en France en 1883 par Blavier, alors directeur de l'École supérieure des Postes et Télégraphes. Nous en rappellerons brièvement les résultats, parus dans les *Annales télégraphiques* de 1883 et 1884.

Blavier opérait sur des lignes télégraphiques de différentes directions et de différentes longueurs, dont la résistance totale était rendue la même afin de mesurer les différences de potentiel, seules intéressantes. Les conclusions auxquelles conduisit cette étude sont les suivantes : l'intensité des courants telluriques dépend uniquement des points de prise de terre et est indépendante du trajet du fil télégraphique, les lignes souterraines donnant les mêmes résultats que les lignes aériennes. Pour deux lignes parallèles et de même longueur, les courants telluriques sont les mêmes, leur intensité étant proportionnelle à la distance des points extrêmes. En temps normal, la force électromotrice, sur une ligne de 350 kilomètres (Paris—Nancy) atteint 2, 3 et 4 volts. Des mesures effectuées sur deux lignes d'orientation différente, on déduit à chaque instant la véritable direction du courant tellurique. En France, il circule généralement dans la direction du N—O au S—E, et réciproquement. D'ailleurs, il présente une variation diurne en relation avec la variation du magnétisme terrestre : les variations de la composante horizontale du champ terrestre correspondent à celles du courant tellurique sur une ligne perpendiculaire au méridien magnétique, et celles de la déclinaison aux variations

Digitized by Google

du courant sur une ligne orientée suivant le méridien magnétique. Les courbes telluriques sont les dérivées des courbes magnétiques. Blavier montre d'autre part que les courants telluriques sont des courants induits dus aux variations du magnétisme terrestre, elles-mêmes causées par des courants électriques circulant dans les régions supérieures de l'atmosphère, théorie coïncidant avec celle des aurores boréales.

M. David Stenquist, d'après les mesures des observateurs cités plus haut, faites à des latitudes différentes, trace, pour chaque latitude, le diagramme de la variation diurne. Pour les basses latitudes, le courant tellurique de la variation diurne va principalement dans la direction E—O ; aux latitudes moyennes, il se rapproche de la direction N—S, pour reprendre la direction E—O aux hautes latitudes. Utilisant les mesures faites à l'observatoire d'Ebro en Espagne, et en Suède, l'auteur a calculé une carte des lignes équipotentielles pour tous les 5° de longitude, aux latitudes : 80°, 70°, 60°, 50°, 30°, 20°, 10°. On y voit que le potentiel a un minimum à midi pour les basses latitudes et un maximum pour les hautes pendant la nuit.

Dans le chapitre II, M. David Stenquist étudie les courants telluriques qui ont perturbé la correspondance télégraphique, c'est-à-dire de plus de 15^{mA} ; ses observations ont porté sur les quatre années de 1906 à 1909. Les perturbations sont les plus nombreuses, chaque année, pendant les mois de mars, septembre et octobre, et, chaque jour, pendant quelques heures après le coucher du soleil. La direction de ces courants est principalement E—O, donc celle de la composante la plus grande de la variation diurne en Suède. Les années riches en taches solaires présentent le plus de perturbations, et la courbe annuelle de ces dernières accuse la période de onze ans des taches solaires. Au cours d'une même année, la courbe des perturbations a les mêmes périodes que l'aurore boréale dans les zones tempérées.

En Suède, tout un réseau d'observation, comprenant 26 lignes télégraphiques, a été organisé. Certaines stations possèdent des instruments enregistreurs fonctionnant en permanence ; dans d'autres, des mesures sont faites au milliampèremètre sur des

Digitized by Google

lignes désignées à l'avance, seulement pendant les périodes troublées ; enfin dans toutes les stations télégraphiques du royaume, on note, avec leurs circonstances, les perturbations dans la correspondance causées par les courants telluriques.

Dans le chapitre III, l'auteur rapporte les observations faites pendant deux éclipses de soleil, le 21 août 1914 et le 8 avril 1921. Il en résulte que seule la composante du courant tellurique parallèle à la ligne centrale de la zone totale de l'éclipse est modifiée ; à l'heure de la totalité, cette composante change même de sens. Cette variation semble due à la diminution de la conductibilité électrique de l'atmosphère le long du chemin de l'ombre de la lune. Simultanément, d'ailleurs, on releva une influence sur trois autres phénomènes liés au courant tellurique :

1) la température de l'air, s'abaissant, cause, outre des phénomènes thermoélectriques dans le sol, le vent d'éclipse, qui peut donner naissance aux courants telluriques s'il porte des corpuscules électriques ;

2) la polarisation atmosphérique, dont le degré diminue pendant l'éclipse, à cause de l'augmentation du nombre des grands corpuscules, entraînant une diminution de la conductibilité électrique ;

3) l'amortissement des ondes radiotélégraphiques, qui est plus faible par suite de la diminution de la conductibilité de l'air.

Enfin le chapitre IV contient les observations relatives à deux orages magnétiques. Le 25 septembre 1909, on observa dans certaines lignes télégraphiques aboutissant à la station de Stockholm des intensités de 250^{mA}, correspondant à des tensions de $1^{V},35$ à $1^{V},7$ par kilomètre, entraînant d'ailleurs des accidents de personnes. Ces phénomènes furent accompagnés d'une magnifique aurore boréale, et une grande tache traversa le méridien central du disque solaire quarante-deux heures avant le commencement de l'orage magnétique, temps nécessaire aux corpuscules pour aller du soleil à la terre.

Dans la nuit du 13 au 14 mai 1921, un autre orage magnétique très important se déclara, entraînant aussi des accidents de personnes. D'ailleurs, un incendie détruisit en partie la station télé-

Digitized by Google

phonique de Karlstad. On constata des intensités supérieures à $2^{A},5$ correspondant à des tensions de 10 volts par kilomètre. Simultanément, en Amérique, près de New-York, une station télégraphique fut incendiée par les courants telluriques. Cette fois encore on observa une aurore boréale très brillante ; et le 14 mai, à 3 heures du soir, un groupe de grandes taches passa au méridien central du soleil.

Ces derniers faits, d'une particulière importance, montrent quels graves accidents peuvent causer les courants telluriques. De la lecture du mémoire, rempli de chiffres et de graphiques d'observation, qu'a élaboré avec la plus haute compétence M. David Stenquist, se dégage cette idée, qu'à part l'intérêt théorique qu'elle présente au point de vue de la physique, l'étude des courants telluriques est d'une grande utilité pour toute administration télégraphique, en raison des troubles graves qu'ils peuvent apporter à l'exploitation. P. Mocquard.

Apuntes sobre telephonia [Cours de téléphonie], par D. Ignacio Mª Echaide. (2e édition, augmentée.) Burgos, Ibáñez de Aldecoa, 1925. — Un vol. in-8° de 142 pages, avec 149 figures.

Ce cours de téléphonie est édité par les soins de la compagnie téléphonique de la province de Guipuzcoa. Les explications sont données d'une façon claire, et la présentation matérielle de l'ouvrage est de tout premier ordre.

Cours de télécommunication électrique, en vente au Syndicat national des agents des P.T.T., 211, rue Lafayette à Paris. — Prix : 40 francs.

Nous avons reçu le *Cours de télécommunication électrique* du Syndicat national. Nous croyons que M. Bricadet, ancien chef du bureau central téléphonique de Passy, qui a une longue expérience de l'enseignement téléphonique, n'est pas étranger à ces leçons.

Il y a dans ce cours un nombre considérable de figures. Ayant fait, il y a déjà bien des années, les premiers cours à des ouvriers que l'administration destinait à devenir des monteurs, catégorie qui n'existait pas encore, nous avons pu, mieux que personne, nous

Digitized by Google

rendre compte, par notre expérience personnelle, de la valeur éducative exceptionnelle du dessin. C'est que le dessin, tout comme les mathématiques, ne comporte pas d'à peu près et par suite est un moyen naturel de clarification de la pensée. Nos dessins n'ont pas la prétention de représenter des objets, mais ce sont de simples diagrammes qui ont pour but de figurer les fonctions des organes et les divers aiguillages qui dirigent les courants sur la voie convenable pour les actions à accomplir. Nous avons été surpris de la merveilleuse facilité avec laquelle les élèves les plus intelligents, sans avoir eu auparavant aucune connaissance du dessin d'imitation, reproduisaient des diagrammes corrects par la simple application de leur bon sens et de leur raisonnement. Quel que soit le groupe d'élèves à qui l'on s'adresse, le dessin graphique conserve les mêmes vertus.

La netteté des divisions, le libellé soigneux des titres et sous-titres rend ce cours facile à suivre et à consulter. Nous sommes persuadés qu'il y a là un effort méritoire de vulgarisation et d'instruction qui mérite d'être signalé et loué.

Disons un mot du programme que s'est imposé le syndicat. Le syndicat national des agents des P.T.T., persuadé que les intérêts dont il a pris charge trouvent leur plus solide point d'appui dans la valeur professionnelle, donc sociale de ses agents, en vue de développer cette valeur et pour réaliser d'ailleurs les vœux plusieurs fois émis dans ses congrès, a entrepris d'organiser un système complet d'enseignement. Cet enseignement doit, tout d'abord, affirmer son efficacité en permettant aux agents de satisfaire aux examens actuellement exigés pour l'accès de tous les grades moyens (contrôleur, rédacteur, receveur, dame rédactrice, etc...). Accessoirement, il formera des instructeurs.

Destiné à des praticiens, cet enseignement reste essentiellement pratique, sans exclure la part de théorie nécessaire à toute systématisation de connaissances. Il comporte toutes les matières de l'exploitation courante en poste, télégraphie, téléphonie, des principes de rédaction, des éléments de droit administratif, de droit civil et de législation financière dont la connaissance est indispensable à l'exercice de la fonction publique dans certains grades ; il

Digitized by Google

comporte encore de sérieux éléments de technique électrique à l'usage de tout télégraphiste ou téléphoniste qui veut opérer intelligemment.

Le syndicat projette de publier, aussi rapidement que possible, les divers ouvrages nécessaires à l'œuvre de vulgarisation qu'il a entreprise. Quelques-uns de ces ouvrages ont déjà paru ou sont en instance de publication ; le *Cours de télécommunication* est l'un d'eux.

Pour ce qui concerne particulièrement ce dernier travail, le syndicat s'est adressé à un agent qualifié par les leçons orales qu'il a faites pendant de longues années, soit comme instructeur télégraphiste, soit comme chargé d'une école téléphonique. On lui a demandé de distribuer en 40 entretiens la matière de son double enseignement. L'ouvrage constitue donc une série de 40 *conversations* écrites. On y trouve, avec le ton de la causerie, l'usage des libertés que permet cette forme d'exposition : langue familière, emploi des analogies suggestives, reprise du sujet pour son élargissement, digressions pratiques. C'est dire que l'auteur n'a pas de prétentions scientifiques ; toutefois il n'a pas craint d'introduire, dans son exposition, les quelques vues théoriques indispensables à la coordination de ses matériaux.

Dans le cours de télécommunication, les études téléphoniques alternent avec les études télégraphiques. Les deux séries, indépendantes en apparence, sont cependant ordonnées pour se soutenir et se prêter mutuellement des clartés ; les notions communes sont traitées dans des chapitres spéciaux.

Pour résumer, l'auteur et le syndicat déclarent avoir tenté de vulgariser sans trop abaisser. L'expérience dira s'ils ont réussi.

J.-B. Pomey.

Rectification.

Une erreur s'étant glissée dans l'article de M. Doignon sur le régulateur Mendonça — d'Oliveira (*Annales* de décembre dernier : p. 1152), une note rectificative sera publiée dans un prochain numéro.

Le Gérant,
Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

APR 1 1926

15e ANNEE. — N° 2. FÉVRIER 1926. PRIX : 4 fr. 50.

Engineering Library

APR 1 1926

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS, Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Etranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes ; Gauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

Anniversaire de la station de T.S.F. 97

Le matériel roulant postal, par A. Lecoq, rédacteur principal des Postes et Télégraphes 103

L'amplificateur à haute fréquence à montage « neutrodyne », par P. Baize, ingénieur des Postes et Télégraphes 109

La transmission radiotéléphonique des manifestations de Genève (septembre 1925), par M. Pellenc, ingénieur des Postes et Télégraphes 117

Propagation des ondes électriques à la surface de la terre, par H. W. Nichols et J. C. Schelleng 140

Nouveau fréquencemètre à échelle très étendue, par A. Campbell.. 166

Historique des piles Féry à dépolarisation par l'air employées au bureau télégraphique d'Épernay, par A. Mourlam, mécanicien principal des P.T.T. 173

Timbres-poste des arts décoratifs 176

Service d'études et de recherches techniques : Impédance caractéristique et affaiblissement kilométrique des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb.

Informations.

Bibliographie

Digitized by Google

Digitized by Google

LE TROISIÈME ANNIVERSAIRE DE LA STATION RADIOTÉLÉPHONIQUE DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES P.T.T.

Le 20 janvier 1926, à l'occasion du troisième anniversaire de la station radiotéléphonique de l'École supérieure des P.T.T., une soirée de gala, organisée au studio de la station, réunissait, en même temps que les orchestre et chœurs de l'Opéra qui prêtaient leur concours à cette manifestation, les collaborateurs habituels de la station et un certain nombre de fonctionnaires de l'administration. M. le Secrétaire général, empêché, s'était fait représenter par son chef de cabinet.

Après la représentation de l'Arlésienne *dont l'exécution obtint auprès des auditeurs le plus vif succès, l'allocution suivante fut prononcée au nom du chef de l'administration :*

MESDAMES, MESSIEURS,

La station radiotéléphonique de l'École supérieure des P.T.T. entre ce soir dans sa quatrième année de fonctionnement.

Créée en 1923, alors que la technique radiotéléphonique s'orientait vers l'utilisation des ondes longues, pour donner la démonstration qu'avec des ondes courtes et des puissances plus faibles des résultats identiques pouvaient être atteints, la station a permis d'obtenir dans ce domaine des résultats qui ont dépassé toutes les espérances, ouvrant la voie à la cinquantaine de stations européennes qui s'établirent après elle, en s'inspirant de ses caractéristiques.

Depuis, la station n'a cessé d'être un foyer de recherches et de perfectionnements techniques, constituant par son exemple le stimulant le plus efficace pour le développement de la science radioélectrique.

Mais, tandis que, dans le domaine technique, s'affirmait

Digitized by Google

l'importance de cette station, dans le domaine social le rôle de premier ordre que devait jouer la radiotéléphonie se précisait. Grâce au concours d'un noyau de conférenciers et d'artistes éminents et désintéressés, ne voyant dans la radiotéléphonie qu'un moyen d'instruction, d'éducation artistique et intellectuelle, de progrès et de perfectionnement social, les émissions de la station se développèrent avec une rapidité extrême. Les chiffres sont plus éloquents que tous les commentaires : de 200 émissions en 1923, représentant 500 heures de fonctionnement, ce nombre passe à 500 en 1924, pour atteindre plus de 800 en 1925, avec 1.500 heures de fonctionnement.

Tous les domaines de l'intelligence humaine, lettres, sciences, art, ont apporté leur contribution à ces émissions.

Les séances quotidiennes, organisées avec le concours de l'Association générale des auditeurs, ont permis, tout en apportant au public de saines distractions, de lui faire connaître les chefs-d'œuvre des grands maîtres de la musique ancienne et moderne.

Les représentations organisées avec le concours de M. Alec Barthus et de sa troupe, ont permis de diffuser en France et à l'étranger les chefs-d'œuvre de notre littérature classique.

A la Sorbonne, les cours publics de M. Ferdinand Brunot sur *La langue française et la révolution*, de MM. Bouglé et Baldensperger ; au Collège de France, le cours de M. Jean Brunhes sur *Les problèmes du Pacifique* ont été également transmis avec le plus grand succès. De très nombreuses lettres ont apporté à ces éminents professeurs le témoignage de l'intérêt considérable pris à leurs cours par les auditeurs français et étrangers ; certaines d'entre elles sont particulièrement émouvantes : elles émanent de malades et d'infirmes qui, arrachés à l'isolement social auquel ils étaient contraints, ont tenu à apporter aux professeurs et à la station l'hommage de leur profonde gratitude. De telles lettres constituent pour nous la meilleure des récompenses.

Avec le concours de l'École du Louvre et sous la haute direction de M. Robert Rey, plusieurs séries de causeries sur

Digitized by Google

l'histoire de l'art ont eu lieu. Le regretté savant Camille Flammarion apporta lui-même, en 1925, sa collaboration pour l'organisation, avec la Société astronomique de France, d'une série de conférences fort instructives sur l'astronomie. Le plus grand nombre de ces causeries ont été reprises par les stations de Rome et de Bruxelles.

La transmission du cours de langue anglaise s'est poursuivie en 1925 avec un succès croissant, cependant que fut inaugurée la diffusion d'un cours d'esperanto et d'un cours de sténographie, le premier qui fût radiodiffusé par T.S.F.. Le succès avait récompensé les efforts du distingué professeur, lorsqu'un accident stupide coûta la vie à M. Maurice Blanc, dont nous voulons ici évoquer le souvenir ému. Cet enseignement a depuis été repris par d'autres stations.

Enfin, pour être complet dans le rapide exposé des émissions éducatives qui furent entreprises on 1925, nous devons mentionner les causeries de vulgarisation scientifique auxquelles ont apporté leur concours de nombreux savants français et étrangers, et les causeries d'hygiène sociale si persuasives et si colorées de M. Cepède, docteur ès sciences, causeries qui ont joui dès le début de la faveur unanime du public.

*
* *

Mais, quel que fût le développement des émissions de la station des P.T.T., il n'en demeurait pas moins vrai qu'à partir d'une certaine distance le bénéfice de ces émissions devenait le privilège des détenteurs d'appareils coûteux et compliqués. Pour que chez nous la radiotéléphonie pût jouer son vrai rôle de pénétration sociale, en permettant à toutes les classes de la société de profiter des bienfaits de l'invention nouvelle, il fallait rendre accessible à tous la réception des émissions sur des installations simples et à bon marché ; il fallait donc créer en province des stations radiotéléphoniques nombreuses. Pour qu'à l'extérieur d'autre part, la radiotéléphonie fonctionnât comme organe de rapprochement mondial et de compréhension entre peuples, il fallait étendre encore à l'étranger la zone d'action

Digitized by Google

normale de nos postes centraux, donc les transformer et en augmenter la puissance. C'est ainsi que M. Pierre Robert, alors sous-secrétaire d'État des P.T.T., fit établir et approuver par le parlement un programme à la réalisation duquel il est activement procédé.

Déjà les stations de Marseille, Lyon et Toulouse ont été ouvertes au cours de l'année 1925, et, dans une saine émulation, elles rivalisent d'activité pour atteindre l'idéal commun. Bientôt les stations de Bordeaux, de Lille, d'Angers, de Strasbourg, etc... viendront apporter leur concours à la grande œuvre d'intérêt général à laquelle nous sommes tous attachés.

Bientôt aussi, la station de l'École supérieure des P.T.T., dont la transformation se poursuit, viendra, avec ses 10 kilowatts de puissance, élargir encore une zone d'action qui s'étend actuellement sur toute l'Europe occidentale.

Le réseau ainsi constitué permettra d'avoir dans chaque région une station dont la vie sera l'émanation de l'activité régionale, grâce à la collaboration la plus large entre le personnel et toutes les initiatives locales. L'utilisation des circuits téléphoniques permettra, d'autre part, grâce au jumelage de toutes ces stations (mieux que par une station unique, si puissante fût-elle), la diffusion à l'extrême de toutes les grandes manifestations gouvernementales, nationales ou sociales, en quelque point du territoire qu'elles se passent, et la réalisation de démonstrations et d'expériences techniques de la première importance pour le développement de la science radioélectrique.

Mais déjà l'administration des P.T.T. s'est engagée dans cette voie. En 1925, ses cinq grandes stations radiotéléphoniques assurèrent la diffusion de manifestations qui eurent en France et à l'étranger le plus grand retentissement. Je passerai sur l'inauguration de l'exposition des Arts décoratifs, sur l'inauguration de l'exposition internationale de Grenoble, etc..., pour ne parler que de la transmission des débats de la Société des nations en septembre dernier. Pendant plus de 80 heures, les stations radiotéléphoniques d'État et les stations suisses transmirent les séances de la société des nations. Les discours des premiers

Digitized by Google

ministres furent, en outre, radiodiffusés par toutes les stations anglaises, après relayage de la tour Eiffel, le plus puissant des postes français. Cette radiodiffusion continentale et extracontinentale fut assurée dans des conditions de perfection que soulignent les centaines de lettres de félicitations venues de tous les pays de l'Europe et les remerciements adressés officiellement par M. Dandurand, président de la sixième assemblée de la société des nations, au gouvernement français qui avait « doté cette assemblée du complément indispensable à l'élargissement de son action ».

Nos auditeurs ont toujours présentes à l'esprit les inoubliables soirées d'opéra italien, données avec le concours des artistes de la Scala de Milan, ainsi que les démonstrations techniques sans précédent qui permirent, tout en actionnant simultanément plus de vingt postes anglais, français et suisses, de faire entendre jusque sur la Méditerranée, avec de simples récepteurs à galène, des concerts donnés à Aberdeen, à plus de 3.000 kilomètres de là.

Nous pouvons leur donner l'assurance que de telles démonstrations ne resteront pas sans lendemain, et que les désirs exprimés dans les milliers de lettres auxquelles il nous a été impossible de répondre seront bientôt complètement satisfaits. La marche ascendante du service de radiodiffusion ne subira aucun ralentissement dans le cours de l'année nouvelle.

Il me reste, pour terminer, une tâche bien agréable à remplir. Celle d'être l'interprète de M. Daniel Vincent, ministre du Commerce et de l'Industrie, et de M. Deletête, secrétaire général des P.T.T., en associant les nombreux et aimables auditeurs qui ont bien voulu porter intérêt aux émissions de la station radiotéléphonique de l'École supérieure des P.T.T. aux remerciements qu'adresse l'administration aux savants, professeurs, artistes et intellectuels de toute catégorie qui ont prodigué jusqu'ici à notre station leur concours inlassable et désintéressé.

Je profite de la circonstance pour associer également à ces remerciements mérités les groupements d'usagers, qui, animés du même esprit de solidarité et de désintéressement que l'Asso-

Digitized by Google

ciation générale des auditeurs de T.S.F., apportent aux stations radiotéléphoniques de province leurs avis éclairés et leur concours précieux : l'Association des amis de la Doua, les Amis de la station radiotéléphonique de Toulouse, les Amis de la radiodiffusion de Provence, l'Association radiophonique de la Côte d'Argent.

Quelque vaste que soit encore la tâche à remplir, quelque difficile qu'en soit la réalisation, nul doute que, comme le disait M. le président Herriot à la cérémonie d'inauguration de la station de Lyon, « avec de tels concours et des volontés nettement « affirmées, la radiotéléphonie cesse d'être en France un simple « jouet de luxe pour devenir, par l'effort combiné des techniciens « et des hommes de devoir, un précieux instrument moral d'édu- « cation populaire pour les petits, de perfectionnement pour « les travailleurs, de distraction saine pour tous, en un mot un « instrument de progrès national et de paix universelle ».

Digitized by Google

LE MATÉRIEL ROULANT POSTAL,

par A. Lecoq,
Rédacteur principal des Postes et Télégraphes.

Considérations qui ont conditionné la construction des wagons-poste. — Le cahier des charges se rapportant aux réseaux d'intérêt général a fixé les droits et obligations réciproques des compagnies et de l'État. L'article 56 du cahier des charges indique, d'une part, que l'administration devra faire construire les voitures de chemins de fer nécessaires à son service, d'autre part, que la charge d'entretenir les châssis des voitures postales incombera aux compagnies concessionnaires.

Les lettres et la plupart des objets confiés à la poste devant être acheminés dans un temps aussi réduit que possible, les véhicules de l'administration ont dû remplir les conditions requises pour être incorporées dans tous les trains à marche rapide, la faculté d'utiliser ces trains étant d'ailleurs prévue explicitement par le cahier des charges susvisé. Par suite, et en raison du fait que la charge utile à transporter était sensiblement du même ordre de grandeur, les voitures postales devaient être, dans leur ensemble, de constitution identique à celle des voitures destinées au transport des voyageurs. Une autre raison existait encore, raison dont l'importance s'est accrue avec l'augmentation de la masse constituée par les trains de grands parcours et la progression de leurs vitesses : c'est la nécessité de composer des rames à peu près homogènes, l'homogénéité étant un facteur de sécurité.

Le fait d'avoir imposé aux compagnies l'entretien des châssis fut une mesure de prudence et de grande portée pratique, nul n'étant plus qualifié ni mieux placé que le service des chemins de fer pour assurer cet entretien. Toutefois, il en est résulté la nécessité d'adopter des châssis postaux rigoureusement conformes à ceux des réseaux où ils sont appelés à circuler. Il est

Digitized by Google

regrettable qu'au début des chemins de fer l'unification du matériel des six réseaux n'ait pas été réalisée. Nul, à ce moment, ne pouvait sans doute prévoir l'extension des chemins de fer, les relations qui en résulteraient entre les régions du territoire et la nécessité qui en découlerait de percer sur bien des points les barrières fictives des réseaux par des lignes parcourues par des trains express. Quoi qu'il en soit, l'administration aurait certainement tiré profit de cette unification, vers laquelle on tend seulement aujourd'hui. D'une part, l'organisation des services ambulants transversaux tels que Bordeaux à Lyon, Nantes à Lyon, Nancy à Dijon, etc..., eût été facilitée ; d'autre part, les mutations des voitures d'un réseau à l'autre, mutations souvent nécessaires, auraient été possibles ; enfin les difficultés rencontrées *lors de chaque construction* pour constituer les châssis d'un nombre limité de véhicules d'après *six types différents* eussent été évitées.

Il convient de souligner cependant que l'unification n'aurait pu être réalisée si les réseaux n'étaient pas entrés eux-mêmes dans cette voie. On peut facilement s'imaginer, en effet, combien il serait pratiquement difficile de maintenir les châssis en bon état de roulement si, lorsqu'une défectuosité se révèle sur un point quelconque des parcours, les agents des chemins de fer ne trouvaient pas, soit en ce point, soit dans l'atelier le plus voisin, les pièces de rechange indispensables. Cette situation aurait été inévitable si les pièces constitutives des organismes de roulement, de suspension, de frein, de choc et de traction avaient été différentes de celles du réseau d'affectation.

On peut dire que le nombre et la durée des périodes d'immobilisation des véhicules varient en raison inverse des facilités d'entretien que nous venons d'envisager. Si ces facilités n'existaient pas, il en résulterait des inconvénients graves pour les deux parties intéressées. L'administration devrait posséder un plus grand nombre de voitures, étant donné que le temps d'utilisation (le rendement) de chacune d'elles serait plus faible ; de plus, l'entretien n'étant pas proportionnel au temps d'utilisation en raison de la détérioration occasionnée par les agents physiques

Digitized by Google

au cours des stationnements, à une augmentation importante des frais de premier établissement s'ajouterait une augmentation corrélative des frais d'entretien du matériel roulant. Quant aux réseaux, ils éprouveraient des difficultés pour constituer l'approvisionnement et la répartition des pièces spéciales aux wagons-poste et une gêne causée par le séjour de ces voitures dans leurs garages et ateliers.

Les explications qui précèdent font ressortir pourquoi, jusqu'en 1923, les châssis des wagons-poste et allèges ont dû être spécialement construits pour chacun des réseaux immatriculateurs.

Modalités de construction. — Jusque vers 1895, les compagnies construisaient elles-mêmes leurs voitures. L'administration s'adressait donc à elles pour obtenir, à titre onéreux, des châssis semblables destinés à ses véhicules. La caisse et l'aménagement étaient construits par un entrepreneur. C'était relativement simple et tous les problèmes se trouvaient résolus. Mais les compagnies furent amenées à confier à l'industrie la construction de leurs véhicules et, comme conséquence, à demander à l'administration des Postes de faire de même. La documentation technique relative aux châssis fut alors demandée à chaque réseau.

Vers 1898, l'étude des wagons-poste de 14 et de 18 mètres fut également confiée à l'industrie privée, les compagnies étant mises à même d'imposer leurs modèles, soit pour l'ensemble soit pour les pièces de détail des châssis. Dans tous les cas, les plans leur étaient soumis pour approbation avant exécution.

Une unification partielle fut alors réalisée :

1° en ce qui concerne les cadres de châssis des wagons-poste de 14 mètres destinés aux réseaux de l'Est, de l'Orléans et du Midi ;

2° en ce qui concerne les cadres de châssis de tous les wagons-poste de 18 mètres.

Néanmoins, l'obligation d'employer les pièces types de chaque compagnie rendait la construction des wagons-poste extrêmement complexe. Lors de chaque construction, des chan-

Digitized by Google

gements notables étant survenus, les dessins et nomenclatures de la construction précédente devaient être remaniés. Des études particulières devenaient nécessaires *pour chaque type* et l'approbation préalable de la compagnie devait être demandée. Puis, lorsque l'approvisionnement des matières et des pièces devenait possible, on se trouvait en présence d'une diversité qui résultait non seulement du fait que, pour une pièce ayant la même fonction, il y avait un modèle correspondant à celui de chaque réseau, mais aussi du fait que la nature de la matière, les spécifications de fabrication différaient encore. Un exemple fera mieux comprendre cette diversité :

Approvisionnement des coussinets d'essieux pour 30 wagons-poste (con de 1912).

Nombre de pièces.	Métaux employés.	Composition des alliages (°/₀).					
		Est.	État.	Midi.	P.O.	Nord.	P.-L.-M.
Type Est : 40 — État : 40 — Midi : 24	Bronze pour coussinet proprement dit	Cu 77 Sn 8 Pb 15	Cu 84 Sn 14 Zn 2	Cu 83 Sn 12 divers 5	Cu 87 Sn 10 Zn 3	Cu 85 Sn 13 Zn 2	La Cie P.-L.-M. se réservait de fournir ces pièces au constructeur.
— P.O. : 24 — Nord : 32 — P.L.M. : 80	Métal blanc de friction (partie intérieure du coussinet)	Cu 5.56 Sn 83.33 Sb 11.11	Cu 9 Sn 78 Sb 13	Cu 5.555 Sn 83.333 Sb 11.111	Cu 5.5 Sn 83.4 Sb 11.1	Cu 5.5 Sn 83.4 Sb 11.1	
Total : 240							

Nota. — Un contrôleur *de chaque réseau* surveillait la fabrication et assurait la réception des pièces destinées à ce réseau. Depuis l'unification, un seul contrôleur serait qualifié pour la réception de 240 coussinets, en tous points identiques.

On se rend compte sans peine que la fabrication des pièces en véritables séries n'existait pas, et que le montage des véhicules, offrant une grande complexité, était rendu très difficile et très onéreux. Il est heureux que les caisses fussent à peu près composées de la même manière, bien que comportant encore des

Digitized by Google

particularités résultant de la largeur réduite de 3m,02 à 2m,91 pour le réseau de l'État et de l'application des porte-signaux, appareils d'alarme, etc..., spéciaux à chaque compagnie.

Acheminement vers l'unification. — L'ère des difficultés de cette nature paraît être close. En effet, un service spécial, commun aux grands réseaux, fut créé il y a quelques années sous le nom d'Office central d'études de matériel de chemins de fer (O.C.E.M.). Il reçut la mission d'unifier ledit matériel. Un pas important fut franchi quand furent unifiées la plupart des spécifications se rapportant aux matières ainsi qu'aux conditions de fabrication et de réception des pièces. Si la même matrice (moule) ne sert pas à forger les tampons destinés aux véhicules des réseaux du Nord et du Midi, par exemple, du moins *le même acier de forge est-il utilisé désormais*. Il existe aujourd'hui des wagons à marchandises, des bogies de voiture, des systèmes de frein et d'attelage, et même des voitures à voyageurs complètes étudiées par l'Office, qui sont complètement unifiés, c'est-à-dire en tous points identiques, quel que soit le réseau propriétaire.

L'administration a suivi de près les progrès de l'unification, en raison du grand intérêt qu'elle y attachait. Dès 1919, elle a tenté d'utiliser le bogie unifié pour la construction de 30 wagons-poste de 18 mètres. Des considérations d'entretien ont seules empêché la réalisation de ce projet. Mais, à cet égard, la situation a changé, et l'on peut espérer que les châssis des voitures unifiées que l'administration fait actuellement construire ne donneront pas lieu à des difficultés particulières d'entretien.

Autre changement dans la constitution des voitures. — En jetant un coup d'œil sur le passé, on voit que le matériel roulant est l'objet de transformations profondes dans une courte période de temps. C'est vers l'année 1900 que sont apparues sur les chemins de fer français les premières voitures à grand empatement (wagons-poste de 14 mètres) et les premières voitures à bogies, dont le succès s'est affirmé dans une généralisation complète sur les grandes lignes. Ce que nous considérons comme un nouveau

Digitized by Google

progrès va apparaître dans les véhicules nouveaux qui, indépendamment de l'unification, seront de constitution métallique, et l'administration des Postes paraît bien être, en France, à l'avant-garde de cette nouvelle transformation.

Dès 1913, M. Thomas, alors ingénieur en chef et directeur des services de la Vérification du matériel, avait, sur la demande du Comité technique, étudié l'opportunité de la construction des wagons-poste métalliques, construction qui était réalisée et prenait de l'extension en Amérique. La guerre suspendit bien des projets, celui-là en particulier. Mais il fut repris dès 1920. Après s'être entouré des renseignements nécessaires, l'administration demandait à l'O.C.E.M. d'adapter la voiture de 20m,28, qu'il étudiait, aux besoins d'une voiture postale de tri, et lui demandait ensuite d'étudier un second modèle destiné au transport des sacs postaux. Ces deux types nouveaux sont en construction. Les wagons-poste de 20 mètres commencent à sortir des ateliers des Chantiers de la Loire, à Nantes. Leur description pourra faire l'objet d'un autre article, appuyé des vues prises sur le premier échantillon construit.

Digitized by Google

L'AMPLIFICATEUR A HAUTE FRÊQUENCE A MONTAGE « NEUTRODYNE »,

par P. Baize,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les visiteurs des stands installés par les soins de l'École supérieure des Postes et des Télégraphes aux expositions de Genève, de Luna-Park, et de Dijon, ont été vivement intéressés par la description d'un amplificateur « neutrodyne » dont ils ont pu examiner une maquette ainsi qu'un schéma détaillé. Le présent article a pour but de faire connaître les qualités de l'appareil ainsi réalisé, et d'indiquer la manière d'en effectuer le montage.

On sait que, dans tous les montages d'amplificateurs à haute fréquence ayant pour but de pousser à un très haut degré l'amplification des oscillations captées par le collecteur d'ondes, on retrouve le même inconvénient, qui a pour effet de limiter le rendement de l'appareil. Si l'on pousse la résonance au delà d'un certain degré, un acccrochage d'oscillations parasites se produit. Il en résulte, en général, une interférence avec les ondes reçues, laquelle donne lieu à un sifflement à fréquence acoustique, rendant la réception impossible. De toute façon, une lampe, dans laquelle sont amorcées des oscillations entretenues, devient impropre à une bonne réception radiotéléphonique, car elle déforme la modulation. Nous allons donc examiner le mécanisme de la production des oscillations dans une lampe triode, et nous exposerons ensuite de quelle manière le montage neutrodyne permet d'en éviter l'amorçage.

On sait qu'une lampe triode devient générateur de courants de haute fréquence lorsque sont réalisées les conditions nécessaires à l'entretien des oscillations. Celles-ci impliquent un couplage entre les circuits filament—grille et filament—plaque.

Digitized by Google

Ce couplage doit avoir pour effet de mettre, à tout moment, les potentiels de grille et de plaque en opposition de phase. Il doit, en outre, permettre le retour à la grille d'une énergie suffisante pour assurer la continuité du phénomène d'oscillation.

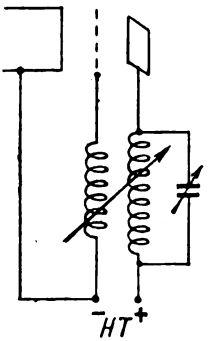


Fig. 1.

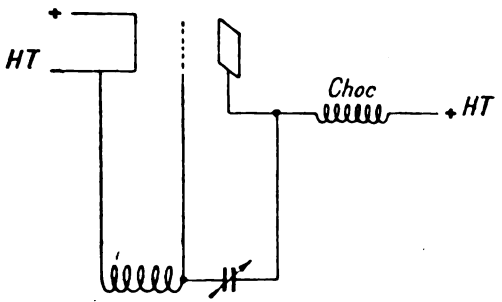


Fig. 2.

Sans décrire ici les différents montages employés pour la production des oscillations, nous rappellerons que ceux-ci utilisent soit un couplage électromagnétique entre deux bobines (fig. 1), soit un couplage électrostatique, par capacité entre la

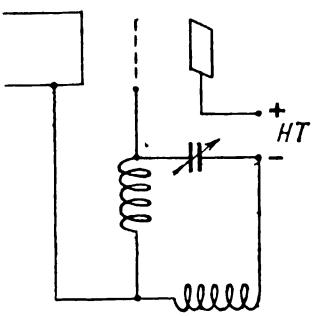


Fig. 3.

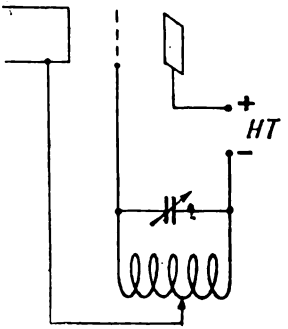


Fig. 4.

grille et la plaque. Dans ce dernier cas, une bobine de self doit être obligatoirement placée dans le circuit filament—grille (fig. 2). La self peut être répartie entre les circuits filament—grille et filament—plaque (fig. 3). Rien ne s'oppose d'ailleurs à ce que ces deux selfs de grille et de plaque soient couplées entre elles, à condition toutefois que le couplage se

Digitized by Google

fasse dans le sens favorable, mettant les potentiels grille et plaque en opposition de phase, par rapport au potentiel filament. C'est le cas du montage Hartley (fig. 4), où le couplage est assuré d'une part par un condensateur, d'autre part par la bobine de self, les actions de ces deux couplages concordant pour le maintien du régime d'oscillations.

Considérons maintenant un amplificateur haute fréquence à résonance, dans le cas le plus général, c'est-à-dire avec les circuits de grille et de plaque accordés (fig. 5). L'accord de ces deux circuits étant supposé établi pour une fréquence f_1 de pulsation ω_1, nous avons la relation :

$$C_1 L_1 = C_2 L_2 = \frac{1}{\omega_1^2},$$

C_1 et C_2 étant les capacités grille et plaque, L_1 et L_2 les selfs grille et plaque. Un amplificateur à résonance réalisé sur ce principe et ne comportant aucun couplage entre la grille et la plaque, fonctionnerait dans de très bonnes conditions. Malheureusement, il ne peut en être tout à fait ainsi. En raison des capacités parasites existant dans le montage, dues tant aux connexions des bobines qu'aux éléments de la lampe, il est absolument impossible d'éviter tout couplage électrostatique entre la grille et la plaque. Le montage réel doit donc être considéré comme étant celui de la figure 6, dans laquelle nous voyons figurer une petite capacité γ entre la plaque et la grille de la lampe. Nous voyons donc que notre montage, ne réalise plus l'amplificateur sans couplage, précédemment décrit. Il comporte non seulement des circuits oscillants accordés sur sur la fréquence de pulsation ω_1, mais encore un circuit complexe comportant deux circuits oscillants réunis par une capacité γ (fig. 6).

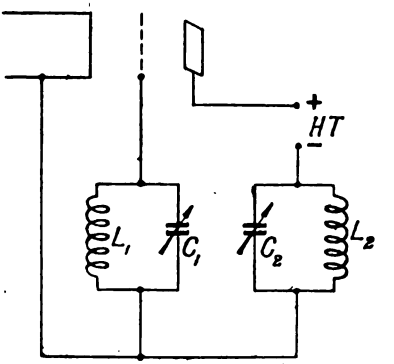


Fig. 5.

Digitized by Google

Cherchons la fréquence de résonance de ce circuit complexe. Pour cela, évaluons son impédance Z, en négligeant les résistances ohmiques. Nous avons, pour une pulsation quelconque ω :

$$Z = \frac{L_1 \omega}{1 - C_1 L_1 \omega^2} - \frac{1}{\gamma \omega} + \frac{L_2 \omega}{1 - C_2 L_2 \omega^2},$$

or, comme, par hypothèse, $C_1 L_1 = C_2 L_2$:

$$Z = \frac{(L_1 + L_2)\omega}{1 - C_1 L_1 \omega^2} - \frac{1}{\gamma \omega}.$$

Notre circuit complexe sera en résonance pour une fréquence donnant $Z = 0$. Nous aurons alors, pour cette fréquence :

$$(L_1 + L_2)\gamma \omega^2 = 1 - C_1 L_1 \omega^2,$$

d'où nous tirons :

$$\omega^2 = \frac{1}{C_1 L_1 + \gamma (L_1 + L_2)}.$$

La fréquence f, dont la pulsation ω est définie par cette nouvelle équation, diffère très peu de la fréquence f_1. Elle lui est légèrement inférieure. Pour cette fréquence, la réactance de chacun des circuits oscillants $C_1 L_1$ et $C_2 L_2$ devient une forte impédance de self-induction. On peut donc considérer chaque circuit oscillant comme remplacé par une simple bobine de self, de réactance très élevée. On se retrouve donc tout à fait dans le cas du montage représenté par la figure 3, et l'on voit qu'il est possible que des oscillations s'amorcent. Elles peuvent se produire si la fréquence des oscillations que l'on cherche à recevoir est assez haute pour que les capacités parasites produisent, entre les circuits de grille et de plaque, un couplage suffisant. Cette condition est généralement réalisée pour la gamme d'ondes couramment utilisée pour la radiodiffusion. Si nous posons :

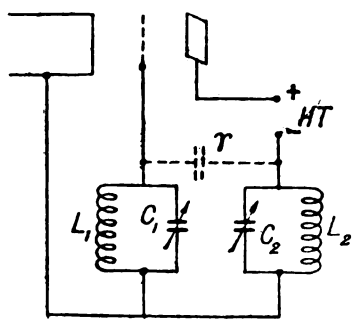


Fig. 6.

Digitized by Google

$$\gamma(L_1+L_2)=\frac{1}{\alpha^2},$$

nous obtenons, pour valeur de ω^2 :

$$\omega^2=\frac{\frac{1}{CL}}{1+\frac{1}{CL}\times\frac{1}{\alpha^2}}=\frac{\omega_1^2}{1+\frac{\omega_1^2}{\alpha^2}},$$

d'où

$$\omega=\frac{\omega_1}{\sqrt{1+\frac{\omega_1^2}{\alpha^2}}}$$

La différence entre les pulsations ω_1 et ω sera donc :

$$\omega_1-\omega=\omega_1\left(1-\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\omega_1^2}{\alpha^2}}}\right).$$

Remarquons qu'en raison de la faible valeur de la capacité γ le produit $\gamma\ (L_1+L_2)$ est, en général, beaucoup plus faible que le produit $C_1\ L_1$. L'expression $\frac{\omega_1^2}{\alpha^2}$ est donc faible, et $\sqrt{1-\frac{\omega_1^2}{\alpha^2}}$ est très peu différente de l'unité. Il n'y a donc qu'un écart tout à fait minime entre les pulsations ω_1 et ω ; la différence entre les fréquence correspondantes f_1 et f est elle-même très faible, et peut tomber dans les valeurs des fréquences acoustiques. Nous sommes donc bien dans le cas où un *régime de sifflements* peut s'amorcer. Notre amplificateur, bien que correctement établi et convenablement réglé, est inapte à assurer une bonne amplification. Il ne peut être mis en fonctionnement qu'après un certain déréglage de ses circuits oscillants, et perd, de ce fait, les qualités que lui conférait la résonance de ses circuits.

Le montage « neutrodyne » a pour but de faire disparaître les inconvénients résultant de la capacité parasite grille—plaque, et de s'opposer à tout accrochage d'oscillations dans la lampe amplificatrice. Comme le fait voir la figure 7, la bobine de plaque L_2 est composée de deux demi-bobines, dont l'une, CM, est la bobine habituelle du circuit de plaque, et dont l'autre,

Digitized by Google

MD, est connectée à la grille par l'intermédiaire d'une petite capacité réglable, *K*. Quand la lampe est en fonctionnement, la demi-bobine CM est parcourue par le courant amplifié, qui circule dans le circuit résonnant de plaque. La demi-bobine MD est soumise à l'induction produite par ce courant ; et il en résulte, entre les points M et D, une différence de potentiel qui, à tout moment, est de sens contraire à celle qui existe entre M et C.

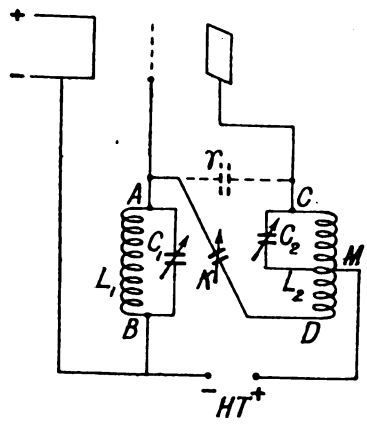


Fig. 7.

Si donc un courant parasite tend à s'établir entre le point M et la grille, à travers la demi-bobine CM et la capacité grille-plaque γ, il devient possible de lui opposer un courant, de sens inverse, empruntant la demi-bobine MD et la capacité *K* du neutrodyne. En réglant la valeur de cette capacité *K*, on modifie l'intensité du courant qui la traverse, et l'on parvient facilement à lui donner la même valeur que celle du courant qui emprunte la capacité parasite γ. Ces deux courants étant *de sens contraire*, leur somme devient alors nulle. Le courant total, dérivé de la grille par les capacités γ et *K*, *est alors nul* : l'ajustement de la capacité *K* a eu pour effet de *neutraliser* l'effet de la capacité parasite γ. Tout se passe comme si la grille était parfaitement isolée du circuit de plaque, comme si aucun couplage n'existait entre les circuits filament—grille et filament—plaque. Aucune oscillation parasite ne peut alors plus s'accrocher, et toute cause de sifflement disparaît.

On se retrouve donc bien dans les conditions optima de fonctionnement d'un amplificateur à haute fréquence : circuits de grille et de plaque accordés, rigoureusement, sur la longueur d'onde à recevoir, et permettant une amplification optima, ainsi qu'une très bonne syntonie.

Réalisation d'un montage neutrodyne. — Les explications

Digitized by Google

données plus haut fournissent les indications nécessaires en vue de la construction d'un récepteur néutrodyne : la bobine du circuit de plaque devra être établie en vue de permettre d'en atteindre aisément le point milieu. Une réalisation correcte d'une telle bobine s'obtient facilement au moyen d'un bobinage à une couche, à spires régulièrement enroulées, et séparées les unes des autres par un intervalle d'au moins 3 millimètres. Une bobine à une couche de 65 millimètres de diamètre, comportant une soixantaine de spires en fil de cuivre de 6 à 7 dixièmes de

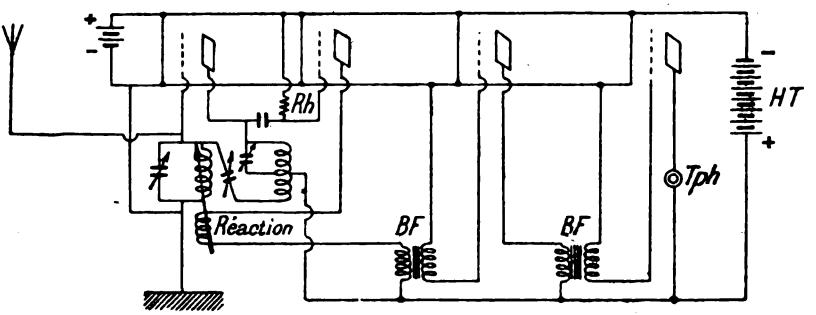


Fig. 8.

millimètres, convient pour la réception des ondes de 250 à 500 mètres, avec condensateur variable d'un demi-millième. La petite capacité K du neutrodyne doit pouvoir être réglée de manière à être rendue égale à la capacité parasite grille—plaque. On constituera donc un tout petit condensateur variable, composé de deux petites lames susceptibles d'être déplacées l'une par rapport à l'autre. En maintenant, entre ces deux lames, un écartement de 2 millimètres, il suffira de mettre en regard deux surfaces qui n'excéderont jamais 16 centimètres carrés chacune.

La figure 8 représente un montage complet d'amplificateur neutrodyne à quatre lampes. La deuxième lampe est une détectrice à réaction, les deux dernières sont montées en amplificatrices basse fréquence.

Grâce au montage neutrodyne, on peut produire, sur la self du circuit primaire, l'effet de la réaction prise à la sortie de la deuxième lampe, sans avoir à craindre le sifflement. Une bobine comprenant une quarantaine de spires de 60 millimètres de dia-

Digitized by Google

mètre donne une bonne réaction, obtenue avec une grande souplesse pour tous les réglages.

L'amplificateur neutrodyne ainsi décrit permet donc de pousser à un très haut degré l'amplification à haute fréquence des ondes utilisées en radiodiffusion. L'accrochage des oscillations est évité sans que l'on ait introduit aucune résistance ohmique supplémentaire, susceptible d'accroître l'amortissement des circuits. Il procure une très bonne syntonie, due à l'utilisation dans de bonnes conditions, des phénomènes de résonance et de réaction. Il est particulièrement apte à permettre la réception d'émissions lointaines, nécessitant une forte amplification à haute fréquence, et il peut, grâce à sa bonne syntonie, être utilisé dans ce but même dans les localités où la présence d'un poste émetteur radioélectrique rend parfois difficile la réception des postes lointains au moyen d'appareils ordinaires. Un appareil de ce genre, installé au Service d'études des P. T. T., a permis la réception d'un poste anglais pendant le fonctionnement de la station de l'Ecole supérieure, distante de 40 mètres, sans que l'on ait pu soupçonner l'émission de cette station.

Digitized by Google

LA TRANSMISSION RADIOTÉLÉPHONIQUE DES MANIFESTATIONS DE GENÈVE (septembre 1925),

Par M. PELLENC,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

De même qu'en 1924, l'administration des P. T. T. envoya à Genève, en septembre 1925, une mission de fonctionnaires chargée d'assurer, à partir de cette ville, par toutes les stations radiotéléphoniques du réseau français de radiodiffusion, la transmission des diverses manifestations.

Cette mission organisa et assura la transmission de l'ensemble des débats publics de la Société des nations, d'un certain nombre de discours ou allocutions, ainsi que des représentations théâtrales données par la ville en l'honneur de la Société des nations.

Elle profita d'autre part de la liaison étroite qu'il fut possible de réaliser avec les techniciens suisses et anglais, pour effectuer avec leur concours des démonstrations de caractère technique de la première importance.

*
* *

La transmission des débats de la Société des nations effectuée en 1924 par l'administration des P.T.T. avec le succès que l'on sait, avait ouvert la voie à l'ère des transmissions internationales.

L'exemple de la France devait être imité en 1925 par l'Angleterre et par la Suisse.

En France les stations radiotéléphoniques du réseau d'État de radiodiffusion, en Angleterre, les stations de la British Broadcasting C°, en Suisse, la station radiotéléphonique de Cointrin, et dans Genève même un haut parleur situé sur la place

Digitized by Google

du Palais électoral ainsi qu'une table d'écoute située dans l'enceinte de l'exposition internationale de T.S.F., devaient assurer, pour toute l'Europe occidentale et centrale, la diffusion téléphonique et radiotéléphonique des débats.

Le courant microphonique capté dans la salle des séances devait être amené aux appareils anglais, français et suisses ; mais, étant donné, d'une part, le trafic important entre Genève et Paris qui ne permettait pas de distraire pour la radiodiffusion plus d'un circuit téléphonique, d'autre part, l'exiguïté des emplacements susceptibles de recevoir les appareils microphoniques et leurs accessoires dans la salle des séances, il était nécessaire que la charge des transmissions pour ces divers pays fût assumée par une seule installation. L'administration française des P. T. T., qui en 1924 avait déjà donné la preuve de ses possibilités de réalisation, fut, d'un commun accord, chargée de ce soin.

En 1924, les transmissions de Genève avaient été effectuées par le seul poste de l'École supérieure des P. T. T..

En 1925, la source d'énergie restant la même (le microphone placé devant l'orateur), la diffusion devait être assurée par les six stations françaises de Paris (tour Eiffel, École supérieure des P. T. T.), Lyon, Marseille, Toulouse et Grenoble, les stations anglaises, une station suisse et les appareils téléphoniques ou haut-parleurs de Genève.

Le problème était plus complexe, mais il fut décomposé de la façon suivante :

de Genève, à l'aide d'un répartiteur de courant, on actionnerait directement la station radiotéléphonique de Cointrin et les installations téléphoniques de l'exposition, ainsi que le circuit Genève—Paris (École supérieure) ;

de l'École supérieure, seraient actionnées les six stations françaises à l'aide d'un nouveau répartiteur de courant ;

de Londres, qui serait actionné à partir de Paris autant que possible par sans fil, seraient actionnées elles-mêmes toutes les stations anglaises.

La solution définitive fut recherchée par étapes progres-

Digitized by Google

sives en s'efforçant, à chacune d'elles, de réaliser, par des modifications appropriées, des conditions laissant subsister les résultats précédemment acquis. C'est ainsi qu'on s'attacha à réaliser successivement :

1° le relayage en Angleterre de la tour Eiffel fonctionnant de façon indépendante ;

2° le fonctionnement simultané des stations anglaises et de la tour Eiffel, actionnées, concurremment avec les stations françaises, par la station des P. T. T., modulée à Paris avec ses propres dispositifs ;

3° le fonctionnement simultané des stations anglaises et des stations françaises dans les mêmes conditions, mais sous l'action d'un courant modulateur venant de Genève ;

4° le fonctionnement des réseaux anglais et français dans les conditions précédentes, le courant microphonique étant réparti à Genève entre le circuit de Paris, la station de Cointrin et l'exposition de T.S.F..

La solution de ces diverses questions devait permettre la transmission des diverses manifestations d'après le mécanisme indiqué sur la représentation schématique de la figure 1.

Les essais eurent lieu immédiatement avec l'Angleterre, et il fut convenu qu'on s'attacherait à mettre au point la retransmission par T. S. F., afin de s'affranchir, si possible, de la liaison électrique par câble Paris—Londres, susceptible, si elle était utilisée dans la journée, de gêner le trafic normal. L'expérimentation fut effectuée par le Service de la radiodiffusion avec, à la tour Eiffel, le lieutenant Fourneau et à Londres M. Eckersley, chef des services techniques de la B. B. C..

Une première série d'expériences consista dans la recherche systématique d'une longueur d'onde qui, pour la région de Londres, fût à l'abri des brouillages et des interférences, et permît d'autre part d'utiliser à l'émission une énergie capable de donner à la réception le courant le plus intense possible.

Après des essais effectués à la tour Eiffel avec les deux antennes, sur des longueurs d'onde variant entre 1.600 et

Digitized by Google

3.000 mètres, il apparut que l'utilisation de la grande antenne, avec le poste à grande puissance (5 kilowatts) et la longueur d'onde de 2.750 mètres étaient les conditions les plus favo-

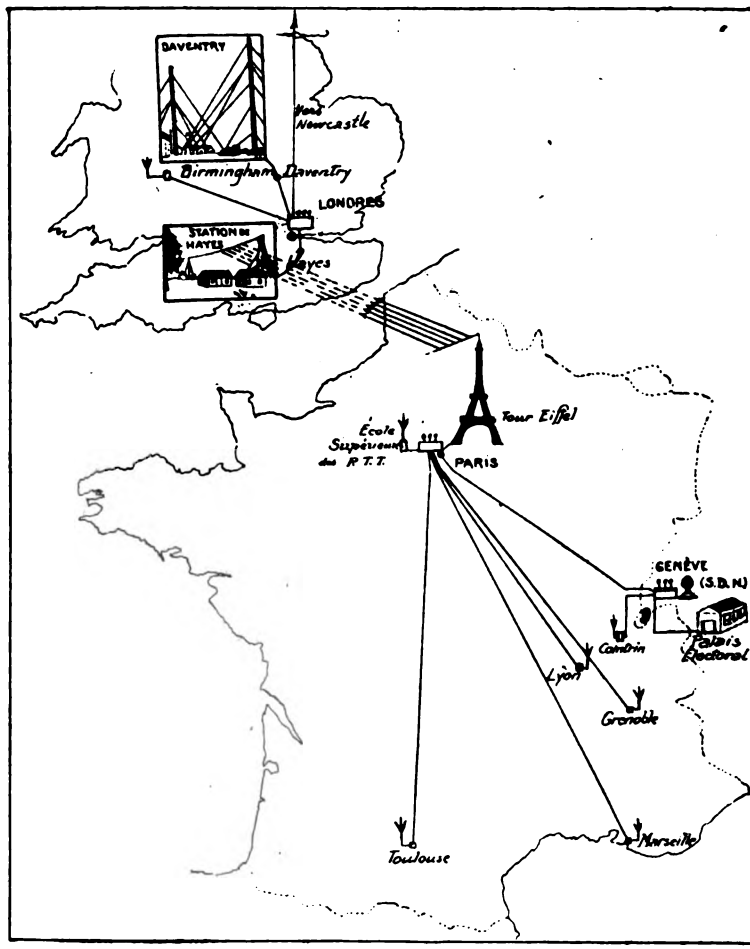


Fig. 1.

rables à un relayage qui s'effectuait alors dans d'excellentes conditions. D'ailleurs, cette longueur d'onde, voisine de la longueur d'onde utilisée normalement en radiotéléphonie (2.600 mètres), permettrait à la tour Eiffel de conserver, pendant les émissions de Genève, l'intégralité de ses auditeurs habituels.

Digitized by Google

La tour Eiffel émettait ainsi, à grande puissance, des ondes qui étaient captées par la station réceptrice de Hayes, voisine de Londres. Le courant, après détection, était envoyé à Londres, d'où, après amplification, il était réparti sur les stations anglaises à moduler.

Le premier point étant acquis, la seconde étape consistait à actionner la tour Eiffel et, comme nous venons de le voir, par son intermédiaire les stations anglaises, concurremment avec les stations françaises du réseau de l'État de radiodiffusion. Cela ne soulevait qu'une question d'adaptation des dispositifs communément utilisés par le Service de la radiodiffusion pour la marche en parallèle des stations de province, appelés « répartiteur de courant modulateur ».

Cette mise au point nouvelle était due au fait que la tour Eiffel, travaillant avec une puissance plus grande qu'en régime normal, avait besoin d'un courant modulateur légèrement supérieur, ce qui nécessitait, de la part des dispositifs de l'École supérieure, une amplification et une répartition de courant différentes.

Ces dispositifs répartiteurs d'énergie peuvent se partager en deux classes :

les dispositifs à source d'énergie unique ;

les dispositifs à sources d'énergie séparées.

Les premiers sont caractérisés par le fait que la source d'énergie est constituée par une lampe de puissance (20 à 50 watts) à faible résistance intérieure, qui permet, conformément au schéma de principe de la figure 2, de maintenir aux bornes des divers circuits, après interposition des dispositifs d'équilibrage appropriés dont on verra plus loin la raison d'être, les différences de potentiel e_1, e_2, e_3, etc... nécessaires à l'alimentation en courant modulateur de chaque station.

Les seconds sont caractérisés par le fait que chaque circuit est alimenté de façon indépendante par sa source d'énergie propre (lampe de quelques watts), qui permet, grâce à une tension appropriée dans le circuit plaque E_1, E_2 ou E_3, et à un

Digitized by Google

transformateur de sortie convenable, de maintenir aux bornes

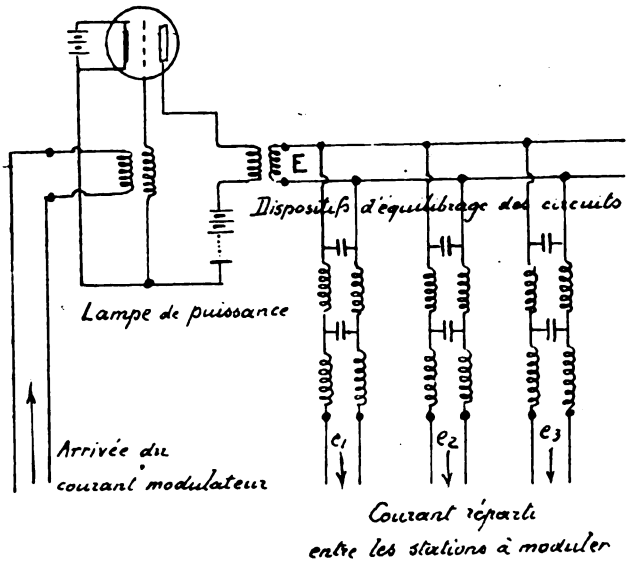


Fig. 2.

de ce circuit la tension e_1, e_2 ou e_3 qui lui est nécessaire (fig. 3).

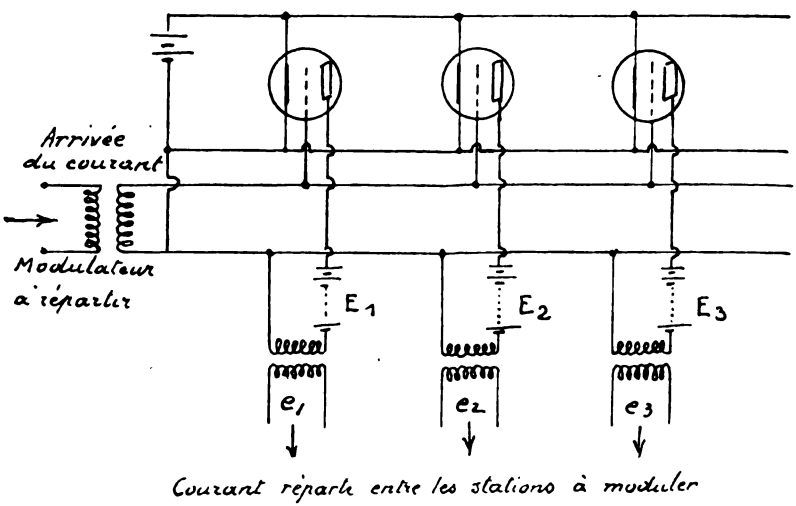


Fig. 3.

Sans pousser en détail l'étude des avantages réciproques de ces dispositifs, on voit que les premiers, une fois effectué

Digitized by Google

l'équilibrage des circuits, sont d'une mise en service et d'une surveillance plus faciles : ils conviennent à une installation à demeure, appelée à fonctionner dans des conditions toujours identiques.

Les seconds, par contre, permettent peut-être avec plus de souplesse une adaptation aux circonstances diverses, telles qu'augmentation ou diminution du nombre de circuits à desservir, mais leur manipulation est plus délicate ; ils ne se prêtent pas à un contrôle d'ensemble de leur fonctionnement. Si, dans le premier cas, il faut, dans un circuit, une énergie plus grande que celle qui y est normalement développée par la différence de potentiel e_1, il faut soit développer à la sortie de la lampe une tension E plus grande, soit modifier le dispositif d'équilibrage du circuit, opérations qui ont l'une et l'autre leur répercussion sur le courant passant dans les autres circuits dérivés.

C'est avec un dispositif mixte, procédant de la combinaison des deux dispositifs précédemment signalés, que fut assurée la répartition de l'énergie modulatrice, lors des transmissions de Genève ; une amplification supplémentaire était introduite sur la dérivation correspondant à la tour Eiffel, afin de ne pas détruire les autres réglages effectués sur les dérivations correspondant aux stations de province.

La troisième étape à franchir consistait dans le choix d'un circuit téléphonique approprié entre Genève et Paris, et la réalisation et le réglage d'installations amplificatrices permettant de recevoir à Paris, à l'entrée du répartiteur d'énergie, un courant comparable en intensité et en pureté au courant donné, lors d'une émission locale, par les dispositifs microphoniques de la station.

Les causes susceptibles d'altérer la pureté du courant modulateur reçu à l'arrivée sont de deux sortes : celles qui sont inhérentes à la constitution spécifique du circuit, et celles qui sont dues à des causes extérieures, telles que des phénomènes d'induction, de conduction, etc...

Digitized by Google

Le circuit agit sur le courant microphonique qu'il véhicule, en favorisant ou en étouffant certaines fréquences, ce qui le déforme ; les phénomènes d'induction ont pour effet de mêler au courant utile des courants parasites. Il résulte de ces modes d'action différents que, par une amplification convenable, on peut noyer dans un courant utile intense l'effet des courants parasites, mais qu'il n'est pas de remède immédiat à la déformation causée par le circuit.

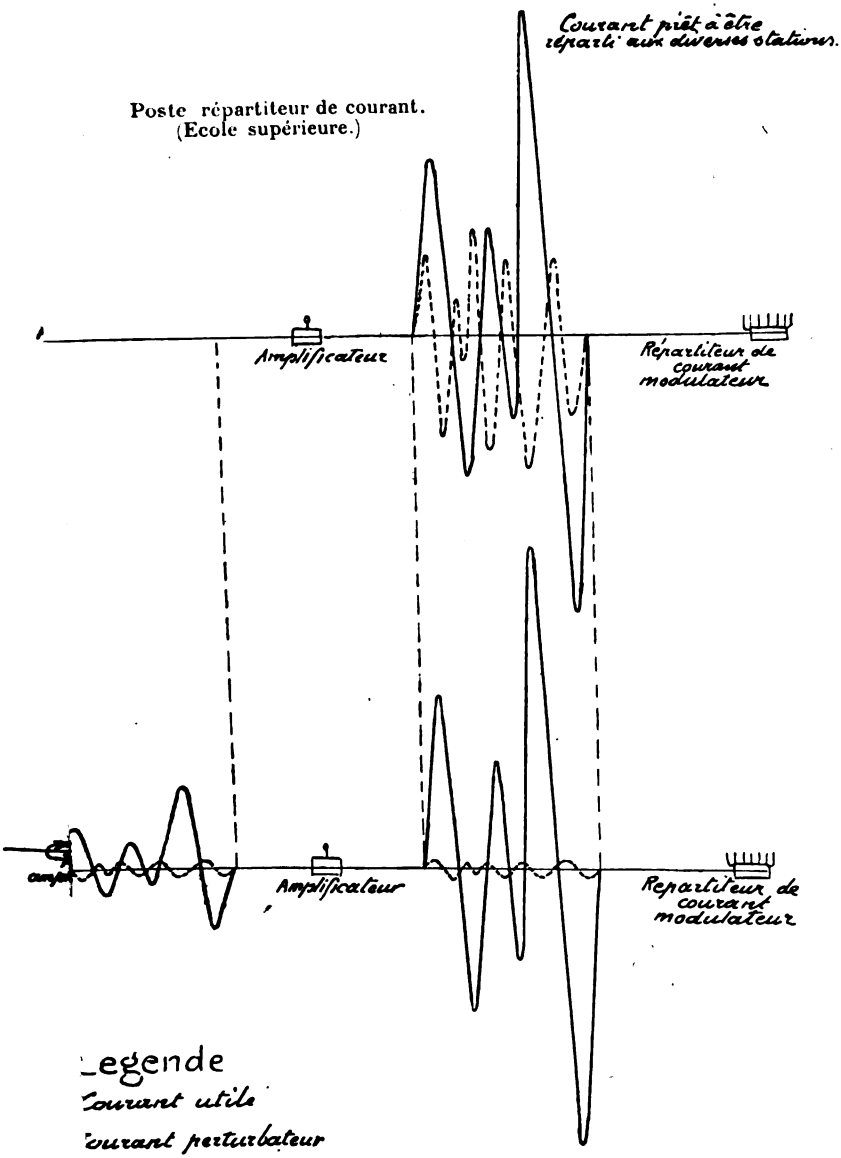
Les circuits les mieux adaptés aux transmissions à grande distance sont les circuits entièrement aériens constitués en fils de cuivre de gros diamètre (5 et 6 millimètres). Dans les sections souterraines, la capacité des fils constitue, pour les courants microphoniques, un shunt dont l'impédance varie avec la fréquence, affaiblissant le son et assourdissant la voix en étouffant les notes aiguës ; l'utilisation des circuits combinés, dont les caractéristiques s'éloignent de celles des circuits ordinaires pour se rapprocher des caractéristiques des câbles (augmentation de la capacité et diminution de la self), présente des inconvénients de même nature.

Dans le cas présent, on utilisa le circuit dont la constitution avait déjà été étudiée en 1924, circuit formé par raccordement de tronçons aériens entre Annemasse et Paris en passant par Culoz, Bourg, Saint-Amour, Louhans et Dijon. L'écoute, sur ce circuit de près de 650 kilomètres de long (comme d'ailleurs sur tous les longs circuits interurbains), mettait en évidence l'existence de nombreux bruits, dus aux appareils télégraphiques, à des distributions d'énergie, etc..., bruits dont l'intensité n'était pas négligeable par rapport à l'intensité d'une communication téléphonique ordinaire. Mais, comme nous l'avons dit, l'effet de ces bruits peut être éliminé par l'artifice suivant.

Supposons qu'on envoie sur le circuit téléphonique un courant amplifié dont l'intensité soit trois ou quatre fois plus grande que l'intensité moyenne d'une conversation téléphonique ordinaire, c'est-à-dire, par rapport aux bruits parasites, dans le rapport de 1 à 10 environ. Ce courant arrive à l'extrémité de la ligne avec une intensité qui serait peut être suffisante pour

Digitized by Google

Poste répartiteur de courant.
(Ecole supérieure.)



Digitized by Google

Digitized by Google

qu'on pût songer à le répartir directement par fraction, au besoin après une légère amplification, aux diverses stations à moduler. Mais il serait toujours affecté, dans ce même rapport de 1 à 10, des effets perturbateurs nuisibles.

Si au contraire, par un dispositif potentiométrique, on n'en prend qu'une fraction minime pour le soumettre de nouveau à une amplification convenable, la lampe, qui fonctionne avec son coefficient d'amplification normal pour la fraction de courant microphonique encore appréciable (quoique minime), n'amplifie que très peu la fraction de courant perturbateur qui, n'étant que le dixième de la précédente, est par suite très faible. A la sortie, le rapport des deux courants est alors de l'ordre de $\frac{1}{50}$, c'est-à-dire négligeable.

Les deux séries de courbes de la figure 4 montrent schématiquement, à égalité d'intensité de courant microphonique initial et de courant modulateur à répartir entre les stations, l'effet, sur le courant perturbateur, des artifices que nous avons signalés.

On ne peut aller trop loin dans cette voie, car, si l'amplification est trop poussée, d'une part l'amplificateur, dont le fer ou les lampes travaillent à saturation, déforme le son à amplifier, et d'autre part le circuit téléphonique qui véhicule le courant modulateur apporte lui-même des troubles aux circuits voisins, compromettant leur bonne utilisation pour le trafic normal.

Afin de réduire ces derniers inconvénients au minimum, toutes les connexions du circuit utilisé avec les tables desservies par les opératrices urbaines et interurbaines furent coupées à Genève, à Paris et sur le trajet ; cela évita, en particulier, que les courants de dérivation qui se manifestent dans les meubles téléphoniques n'influençassent les autres circuits. Afin de réduire également les influences électromagnétiques en ligne, l'amplification ne fut poussée que jusqu'au strict minimum.

Le dernier pas à franchir, pour avoir la solution complète du problème proposé, consistait alors à rattacher au réseau de radiodiffusion, ainsi constitué par les stations anglaises et fran-

Digitized by Google

çaises, a station suisse de Cointrin et les dispositifs diffuseurs téléphoniques (haut-parleurs et écouteurs de l'exposition). C'était une question de répartition d'énergie microphonique qui se posait de nouveau.

Un système électrique, destiné à recevoir à la sortie d'un amplificateur l'énergie modulatrice, peut être caractérisé par son impédance apparente aux bornes R et par la différence de poten-

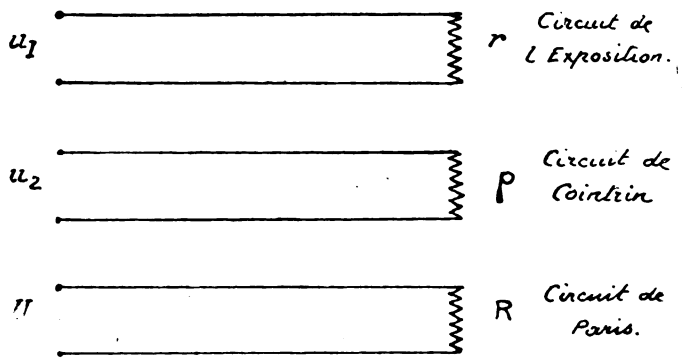


Fig. 5.

tiel modulatrice moyenne v à appliquer à ces bornes dans les conditions de fonctionnement normales (fig. 5.).

L'impédance R du circuit de Paris était l'impédance caractéristique de la ligne, sensiblement indépendante, à cause de sa longueur, des caractéristiques des organes connectés à l'extrémité.

Celle du circuit de Cointrin, ρ, était l'impédance apparente du circuit suivi des organes de modulation, dont les caractéristiques avaient cette fois, sur l'entrée de cette ligne courte, une répercussion qui n'était pas négligeable. Par suite des caractéristiques des organes installés à Cointrin, l'impédance apparente de ce circuit était nettement plus grande que celle du circuit de Paris.

L'impédance apparente du circuit de l'exposition r était au contraire nettement plus faible que l'impédance caractéristique du circuit de Paris, les appareils amplificateurs de l'exposition

Digitized by Google

comportant à l'entrée un transformateur adapté au fonctionnement normal d'un microphone de faible résistance.

Les tensions modulatrices u_1 et u_2 nécessaires au fonctionnement des amplificateurs de l'exposition et de la station de Cointrin étaient par contre comparables, mais très inférieures, à la tension U qu'il était nécessaire d'appliquer au circuit de Paris.

Comme il ne s'agissait pas d'effectuer une installation à demeure, pour laquelle l'utilisation d'éléments divers spécialement adaptés, tels que lampes, transformateurs, etc..., pût être envisagée en vue de la meilleure utilisation de l'énergie, mais d'une installation occasionnelle pour laquelle le rendement devait être sacrifié à la simplicité et à la rapidité de réalisation, le dispositif le plus simple consistait évidemment à mettre les trois circuits en dérivation.

Mais on comprend que la première des conditions à remplir, pour pouvoir les actionner par une source de force électromotrice unique, était de les amener d'abord à fonctionner sous une même tension modulatrice ou autrement dit de les équilibrer.

Cet équilibrage fut effectué sommairement au départ avec des résistances et des selfs pour les circuits de l'exposition et de Cointrin, de manière à permettre dans chacun d'eux le passage des courants i_1 et i_2 nécessaires au bon fonctionnement des dispositifs connectés à leur extrémité, ces courants étant définis par :

$$i_1 = \frac{u_1}{r} \qquad \text{et} \qquad i_2 = \frac{u_2}{\rho}.$$

Lorsqu'on connectait ces deux circuits seulement, en parallèle sur la sortie de l'amplificateur réglé pour la transmission sur Paris, le fonctionnement des dispositifs auxquels ils étaient adaptés était assuré dans des conditions à peu près normales. Cela n'avait rien d'étonnant, l'ensemble des deux dérivations étant à peu près équivalent en impédance à l'impédance du circuit de Paris.

Par contre, la connexion simultanée des trois circuits causait une chute de tension ; mais celle-ci était alors ramenée

Digitized by Google

à sa valeur primitive par l'augmentation d'amplification de l'appareil et une adaptation du transformateur de sortie, à prises variables, à la nouvelle valeur de la résistance extérieure du circuit d'utilisation équivalent aux trois circuits donnés.

Les dispositifs d'équilibrage devaient être à réglage variable et à proximité de l'amplificateur. Le circuit de Paris était en effet sujet assez fréquemment à des variations d'impédance, résultant de circonstances atmosphériques ou autres qui n'affectaient pas les deux autres circuits de Genève. Cela entraînait pour lui l'utilisation d'une force électromotrice sujette à des variations. Les réglages et l'amplification étaient donc, eux aussi, nécessairement variables, et, pour remédier à la répercussion apportée sur les deux autres circuits, une nouvelle adaptation des dispositifs d'équilibrage était chaque fois nécessaire.

Cette dernière étape franchie, le problème proposé était entièrement résolu. Il ne restait plus à régler que des questions d'organisation matérielle, en vue d'une exploitation de plusieurs semaines.

L'installation comportait, comme le montre la figure 6, des microphones placés dans la salle de la Réformation où se tenaient les séances. Ces microphones actionnaient un appareil amplificateur à grande puissance, à la sortie duquel se trouvait un contrôle acoustique, et trois dérivations destinés à Paris, Cointrin et l'exposition de T.S.F.

Sur la dérivation de Paris, se trouvait le dispositif d'alimentation des microphones et un dispositif permettant d'appeler la station et de converser avec elle sur le circuit de modulation. Puis, à travers deux centraux téléphoniques, la ligne se rendait, par l'itinéraire indiqué; à l'École supérieure des P.T.T..

Les deux autres, sur lesquels étaient installés les dispositifs d'équilibrage, se rendaient au central urbain, d'où, par des connexions directes, ils repartaient d'une part sur Cointrin, d'autre part sur de nouveaux amplificateurs de puissance destinés à actionner les haut-parleurs et les écouteurs de l'exposition.

Digitized by Google

Ces derniers, d'une résistance intérieure de quelques dizaines

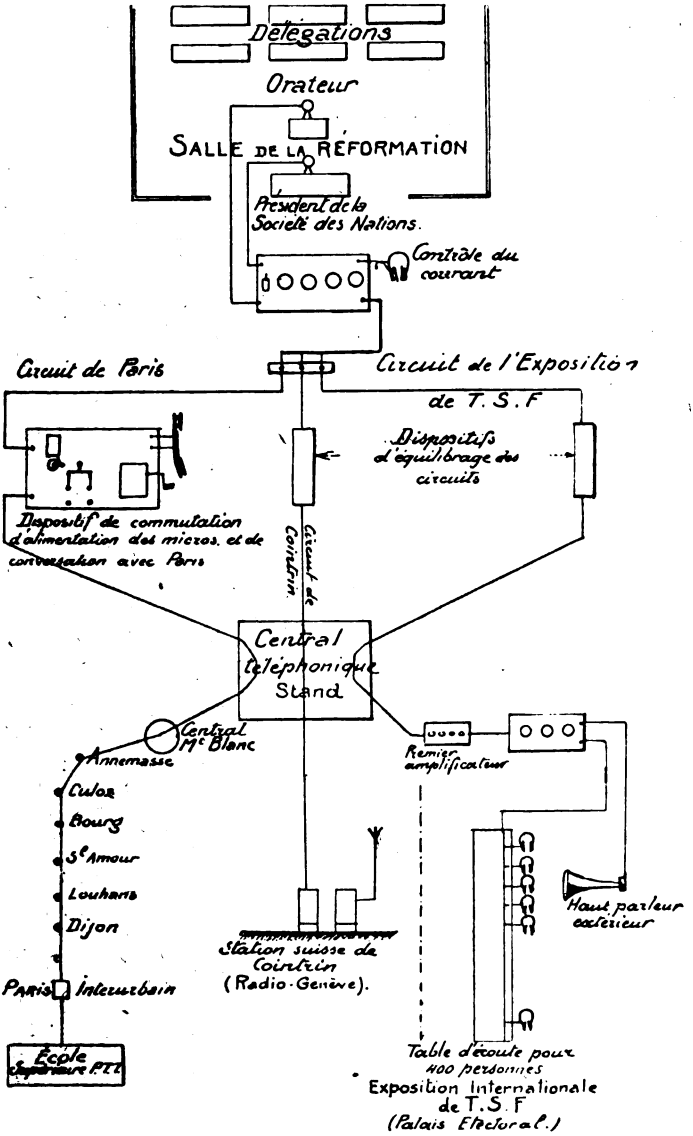


Fig. 6.

d'ohm, étaient répartis en quatre séries de 100, montées elles-mêmes en parallèle. La figure 7 représente le Palais électoral,

Digitized by Google

où se tenait l'exposition. On remarque sur le toit, à gauche, le haut-parleur à grande puissance qui diffusa les débats de la Société des nations. La figure 8 montre une partie de la table d'écoute pour quatre cents personnes située dans le Palais électoral, à l'exposition de T.S.F..

*
* *

La diffusion des débats de la Société des nations fut inaugurée le lundi 7 septembre, avec le discours d'ouverture de M. Painlevé, président du Conseil, conformément au plan arrêté. La perfection et la réussite de cette transmission furent complètes, non seulement en France, mais encore en Suisse et en Angleterre, à telle enseigne que, de ce dernier pays, pour lequel cependant les difficultés de réalisation étaient les plus grandes, le télégramme de félicitation suivant fut adressé aux organisateurs immédiatement après la fin du discours. :

London, September 7th, 1925.

Congratulations on continental arrangements for league transmission. MURRAY,
director of publicity for the British Broadcasting C°.

La transmission intégrale de toutes les séances publiques eut lieu dans les mêmes conditions de régularité et de perfection pendant plus de 40 heures, se répartissant sur plusieurs semaines, du 7 au 27 septembre 1925.

Les circonstances atmosphériques les plus diverses permirent de se rendre compte, pendant cette longue période, de leur répercussion effective sur la qualité de la transmission. Leur influence se manifestait par la modification des constantes caractéristiques des circuits, et principalement de la résistance d'isolement. Cela entraînait, au départ, la mise en jeu d'une énergie supplémentaire pour deux raisons : la perte en ligne plus grande de cette énergie utile, et la nécessité de maintenir à ce courant utile une intensité élevée par rapport à celle des courants perturbateurs, dont l'effet devenait plus sensible par suite de l'augmentation des phénomènes de conduction.

Digitized by Google

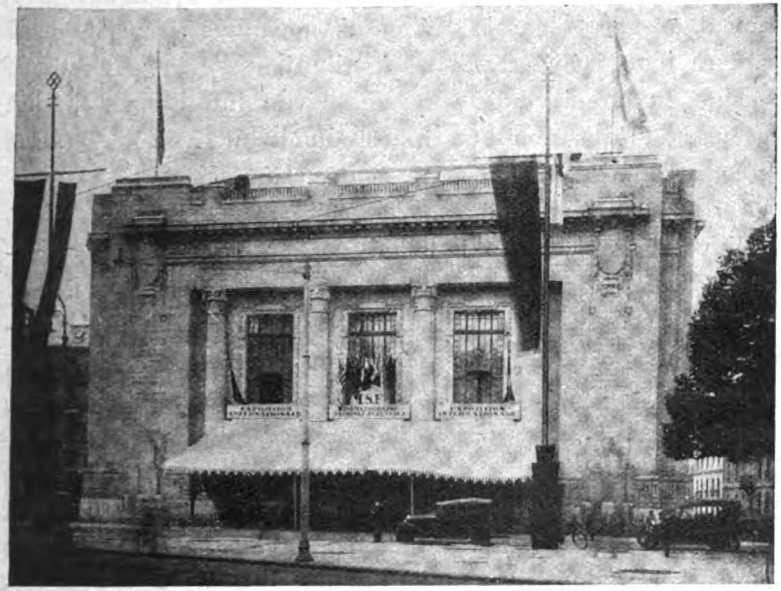


Fig. 7.

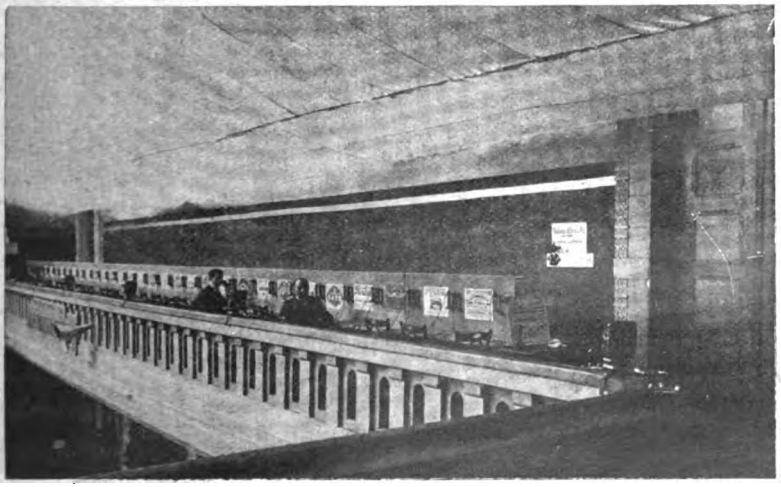


Fig. 8.

Digitized by Google

Pendant quelques jours même, ces phénomènes furent tellement exagérés dans la région d'Annemasse, par suite de la rupture d'un isolateur d'une distribution d'énergie électrique voisine du circuit, que ce dernier devint inutilisable. Il fallut recourir à l'utilisation d'un tronçon du circuit Lyon-Zurich, et à la constitution d'une autre ligne entre Genève et Paris.

De Genève fut également assurée, par le même mécanisme, la diffusion des manifestations de gala données à l'Opéra municipal, par la ville, en l'honneur de la Société des nations.

Des installations analogues à celles qui permirent la diffusion des débats de la Société des nations avaient été effectuées, avec quelques particularités cependant en ce qui concerne la disposition et l'utilisation des microphones.

L'énergie à envoyer sur la ligne devait pouvoir être à peu près indépendante de la position sur la scène des artistes, et d'autre part les différences d'intensités sonores dans le jeu de l'orchestre ou des divers instruments devaient être ramenées dans les limites extrêmes d'énergie maxima et minima compatibles avec une bonne transmission dans le circuit.

A cet effet, trois microphones spécialement réglés furent disposés le long de la scène.

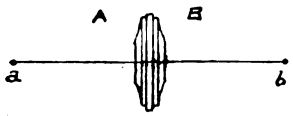


Fig. 9.

Les microphones utilisés par l'administration des P.T.T. sont constitués, en réalité, par la juxtaposition, de part et d'autre de la membrane vibrante, de deux capsules microphophoniques. La sensibilité des deux faces est inégale. Si une source sonore, située en a (fig. 9) du côté A (appelé face sensible par opposition à l'autre), développe dans le circuit microphophonique un courant I, la même source située en b à la même distance, mais du côté B, produira un courant d'intensité i, plus faible que le courant I. Le rapport $\frac{I}{i}$ peut servir à caractériser le degré de sensibilité d'une face par rapport à l'autre. Ce rapport est, en général, de l'ordre de grandeur de $\frac{I}{i} = \frac{5}{4}$ environ

Digitized by Google

dans les microphones d'utilisation courante. Mais, pour des cas spéciaux, des modifications mécaniques peuvent permettre de faire tomber ce rapport à des valeurs de $\frac{I}{i} = \frac{3}{2}$ et même $\frac{2}{1}$.

Supposons que des microphones dont les sensibilités sont réglées dans les rapports $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{2}$ et $\frac{2}{1}$ soient disposés comme le comme le montre la figure 10, les deux premiers ayant leur face sensible orientée vers l'orchestre, le dernier sa face

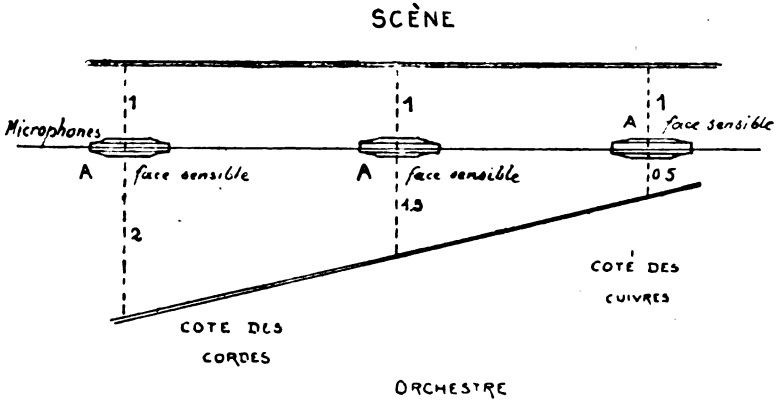


Fig. 10.

sensible orientéee vers la scène, mais son alimentation en courant microphonique étant réduite de manière à ce que la sensibilité du côté scène reste la même que celle des deux autres microphones. On a ainsi du côté scène une sensibilité uniforme qu'on peut caractériser par 1, et du côté orchestre une sensibilité qui varie de 2 du côté des instruments à cordes à 0,5 du côté des cuivres. On conçoit donc que l'on puisse ainsi ramener à des valeurs comparables les courants développés dans les divers microphones par les instruments de l'orchestre, et éviter que les sons émis par les uns ne soient noyés dans les sons plus puissants émis par les autres.

Un dispositif commutateur spécial permettait la mise en circuit du microphone approprié à la position des artistes, ainsi que du microphone qui convenait le mieux au jeu de l'or-

Digitized by Google

chestre. La mise en œuvre des microphones était d'ailleurs indépendante, et leurs effets pouvaient se superposer sur la ligne ; dans le cas, par exemple, d'un artiste chantant à côté des cuivres, avec accompagnement des instruments à cordes, les deux microphones pouvaient être actionnés simultanément.

Enfin, la possibilité de faire varier le degré d'amplification pour corriger les inégalités de courant dues aux déplacements des artistes en profondeur sur la scène, et atténuer l'effet des variations d'intensité dans le jeu d'une même partie de l'orchestre apportait le remède aux dernières causes qui auraient pu altérer la bonne qualité de la transmission, sur le circuit, du courant modulateur. Un contrôle acoustique permettait de se rendre exactement compte, au départ, de la nature du courant envoyé, et d'opérer les réglages en conséquence.

La figure 11 donne une vue de la scène de l'Opéra de Genève, avec les microphones disposés comme il vient d'être dit, lors de la représentation de *Fédora*.

Pendant plus de 30 heures fut ainsi assurée pour toute l'Europe occidentale et centrale la transmission radiotéléphonique des représentations d'opéras italiens joués par les artistes de la Scala de Milan. La régularité et la perfection de ces transmissions furent soulignées dans les centaines de lettres reçues de tous les pays d'Europe par M. Trachsel, directeur de l'Association des intérêts de Genève, l'organisateur de ces brillantes manifestations.

*
* *

Grâce aux excellentes dispositions et au large esprit de collaboration que rencontra en Suisse, auprès de tous les techniciens, la mission des fonctionnaires des P.T.T., notamment auprès de MM. Burrows et Rambert, directeur et secrétaire de l'Office international radiotéléphonique, un certain nombre d'études et de démonstrations techniques du plus vif intérêt purent être effectuées.

Le rattachement de la station de Cointrin au réseau français de radiodiffusion fut mis au point.

Digitized by Google

Après équilibrage des circuits téléphoniques et adaptation des microphones et amplificateurs utilisés en France aux dispotifs spéciaux de la station de Genève (installation Marconi), il fut possible de réaliser la transmission de manifestations artistiques franco-suisses organisées soit à Paris, soit à Genève et

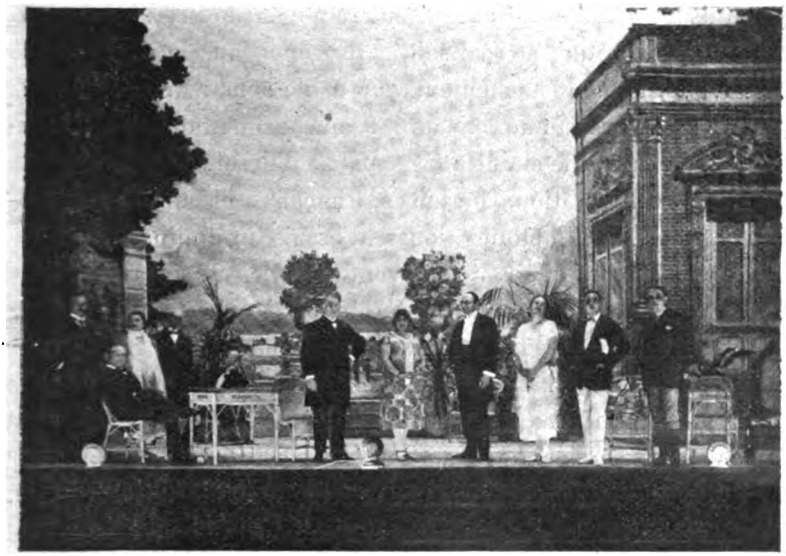


Fig. 11.

radio diffusé par l'ensemble des stations faisant partie intégrante du même réseau.

Avec les techniciens de Radio-Genève, des essais de jumelage des stations de Genève et de Zurich furent également entrepris. Le principal intérêt résidait dans ce fait que les deux stations étaient reliées par un circuit téléphonique de plus de 250 km., entièrement en câble souterrain. Quoique l'absorption du courant par phénomène de capacité fût importante, une amplification convenable à l'arrivée permettait d'obtenir un courant encore assez intense pour permettre une bonne modulation sans déformation considérable. Il est certain qu'on pouvait mettre à profit le fait que les influences perturbatrices dans les

Digitized by Google

câbles sont très faibles par rapport à ce qu'elles sont sur les lignes aériennes, et qu'ainsi une forte amplification du courant utile à l'arrivée n'exagérait pas leur effet, circonstance qu'on ne peut envisager dans les transmissions par circuits aériens qui nécessitent au contraire les artifices dont nous avons précédemment parlé.

Mais la démonstration qui eut le plus grand retentissement par l'innovation qu'elle réalisait en Europe dans le domaine de la T.S.F. fut le rattachement par câble sous-marin, à travers la Manche, du réseau anglais au réseau continental de radiodiffusion, et la commande simultanée, à partir d'un même microphone, et plus de vingt stations anglaises, françaises et suisse de radiodiffusion. Après quelques jours d'essais préliminaires, cette démonstration put avoir lieu le vendredi 18 septembre 1925 de 20^h à 22^h 30. Le succès en fut complet.

Les stations anglaises de radiotéléphonie étaient reliées par des circuits téléphoniques au poste central de distribution d'énergie de Londres. Les stations françaises et suisses étaient d'autre part réunies à la station de l'École supérieure des P.T.T. à Paris comme le montre schématiquement la figure 12.

Les deux nœuds de liaisons téléphoniques de Londres et de Paris étaient d'autre part reliés électriquement par l'intermédiaire d'un circuit sous-marin spécialement choisi (Paris—Londres 1°).

Les transmissions eurent lieu dans le sens Angleterre—continent. Les expériences furent de trois sortes :

1° Expériences de modulation simultanée à partir du point nodal de Londres ;

2° Expériences de modulation à partir d'une station voisine de Londres ;

3° Expériences de modulation à partir de la station la plus éloignée du point nodal.

Dans la première série d'expériences, Londres, où avait lieu le concert, fonctionnait comme centre de répartition de courant modulateur pour toutes les stations anglaises d'une part, et pour le centre de répartition de Paris. Le centre de répartition de

Digitized by Google

Paris fonctionnait à son tour, après amplification convenable du

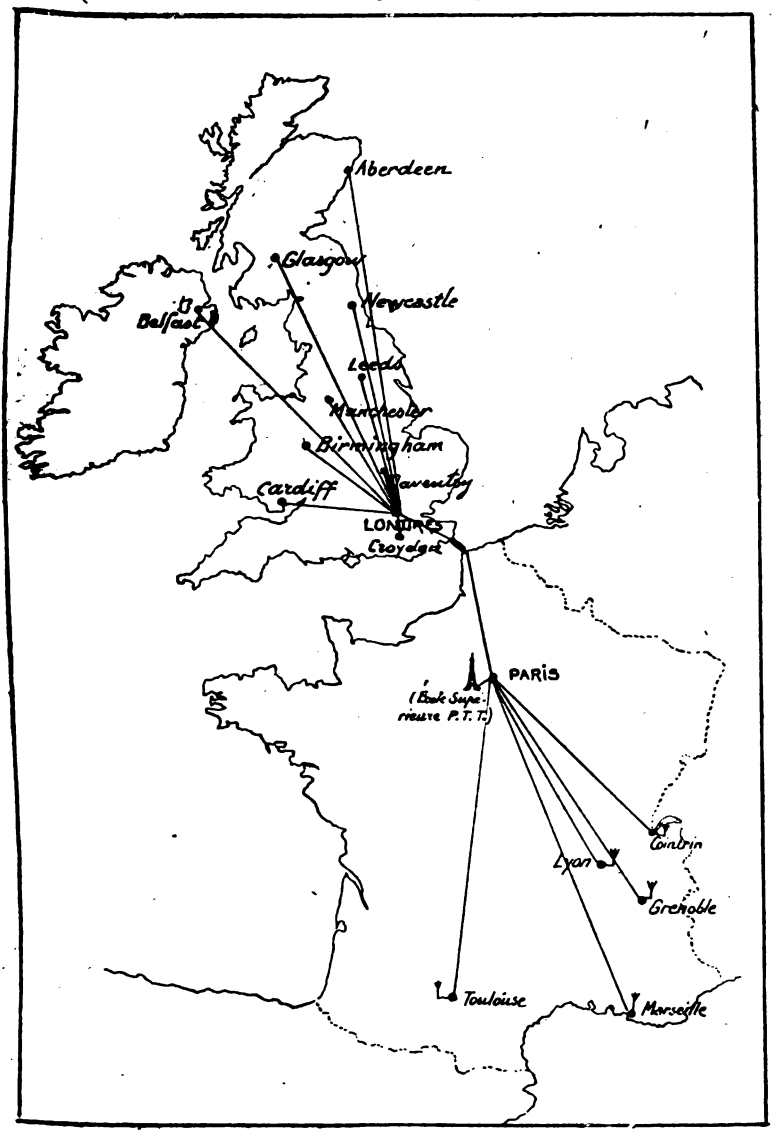


Fig. 12.

courant reçu, comme centre de répartition secondaire pour les sept stations françaises et suisse du continent. Ces transmissions durèrent 3/4 d'heure sans aucune défaillance.

Digitized by Google

Dans une deuxième série d'expériences, la station d'origine du concert était Bournemouth. Le courant modulateur actionnait cette station ; d'autre part, une dérivation allait sur Londres, qui fonctionnait alors comme centre récepteur et répartiteur d'énergie modulatrice, de la même manière que le centre de Paris dans les essais précédents. Londres actionnait alors les autres stations et Paris, et tout se passait sur le continent comme dans la première série d'essais. Ces transmissions durèrent également 3/4 d'heure ; elles furent comparables comme qualité aux précédentes.

La troisième série d'expériences, identique comme principe à la précédente, avait pour but la réalisation d'un record dans le transport d'énergie modulatrice.

C'est pourquoi le centre producteur de courant modulateur fut choisi dans la ville dont le poste était le plus éloigné de France : Aberdeen, en Écosse.

Les transmissions eurent lieu pendant une heure à partir de de cette ville, suivant la technique indiquée au paragraphe précédent. Les réglages furent l'objet de soins particuliers, et le résultat, confirmé par de nombreuses lettres d'auditeurs, fut le fonctionnement, dans des conditions de perfection absolument irréprochables, de l'ensemble des stations françaises, même de la station la plus éloignée qui était Marseille. Cette dernière se trouvait à près de 2.500 kilomètres d'Aberdeen (trajet électrique).

L'enseignement à tirer de ces démonstrations est que le rattachement du réseau britannique de radiodiffusion au réseau continental est possible, malgré le trajet en câble sous-marin, qui, au point de vue technique, pouvait inspirer quelques craintes, à condition d'installer de part et d'autre de ce trajet en câble des dispositifs amplificateurs et récepteurs spéciaux et suffisamment puissants et sensibles.

La qualité des émissions est sensiblement conservée, malgré le trajet considérable parcouru par le courant modulateur sur des circuits hétérogènes (circuits anglais, câble, circuits français), et malgré le passage à travers des dispositifs amplificateurs ou répartiteurs nombreux, pourvu que ces dispositifs soient placés

Digitized by Google

en des points judicieusement choisis, et soient eux-mêmes spécialement étudiés et adaptés au but particulier qu'ils ont à remplir.

Une mise au point peu importante permettrait vraisemblablement de faire passer dans le domaine d'une exploitation normale ce qui n'a été qu'une démonstration. Il est de même possible d'entrevoir l'extension à toutes les stations européennes de la solution du problème qui a été résolu pour une vingtaine de stations anglaises, suisse et françaises.

La France, qui par sa situation, est un pays de transit pour les communications internationales, doit se préoccuper dès maintenant de la recherche et de la réalisation de dispositifs destinés, dans un avenir prochain, à satisfaire les besoins internationaux en matière de radiotéléphonie.

Si, à l'occasion de grandes manifestations de la nature de celles qui se sont déroulées à Genève, elle est appelée à conduire dans les pays limitrophes : Angleterre, Espagne, Italie, Belgique, Luxembourg, le courant susceptible d'actionner chez eux leurs propres stations radiotéléphoniques, on conçoit quel rôle de premier plan aura à jouer la technique française ; et comme les démonstrations effectuées dans le domaine de la T.S.F. sont celles qui frappent le plus vivement les esprits et qui, grâce à la multiplicité des personnes touchées, sont appelées au plus grand retentissement, on peut juger de la répercussion favorable qui, en cas de succès, en résultera pour elle, dans le domaine international.

Digitized by Google

PROPAGATION DES ONDES ÉLECTRIQUES A LA SURFACE DE LA TERRE,

Par H.W. NICHOLS et J.C. SCHELLENG (1).

SOMMAIRE. — La transmission relativement faible des ondes radio de deux à trois cents mètres indique une sorte d'action sélective de l'atmosphère. On trouve que l'action est due à la présence d'électrons libres dans l'atmosphère quand on tient compte du champ magnétique terrestre. Dans le champ magnétique terrestre, qui est d'environ un demi-gauss, cette action sélective se fera sentir pour une longueur d'onde voisine de 200 mètres. Les molécules ou atomes d'hydrogène ionisés produisent des phénomènes de résonance pour des fréquences de quelques centaines de périodes, fréquences qui se trouvent en dehors de la bande des fréquences radio. Le présent mémoire cependant, tient compte de l'action des molécules ionisées aussi bien que de l'action des électrons.

Ces actions se traduisent par une rotation du vecteur électrique d'une onde qui se propage parallèlement au champ magnétique. Les ondes qui se propagent perpendiculairement au champ magnétique subissent la double réfraction. A la fréquence de résonance on observe des effets critiques quant à la rotation, à la courbure de l'onde, et à l'absorption. L'article développe la théorie mathématique de ces phénomènes et donne des formules pour les divers effets à prévoir.

Le problème de la propagation à la surface de la terre d'ondes électro-magnétiques telles que celles utilisées pour les communications radioélectriques, a attiré l'attention d'un grand

(1) Traduction d'un article paru dans *The Bell system technical journal* : avril 1925.

Digitized by Google

nombre de chercheurs qui ont abordé le problème de façons différentes, dans l'espoir d'expliquer comment les ondes électromagnétiques peuvent affecter des récepteurs à une grande distance de la source, et ce en dépit de la courbure de la terre. Nous n'essaierons pas ici, d'exposer en détail ces diverses théories, mais nous noterons que les théories de la diffraction autour d'une sphère conductrice isolée dans l'espace ne donnent pas de résultats satisfaisants et conduisent nécessairement à l'invention d'une couche conductrice hypothétique (couche de Heaviside); dès lors on invoque la présence de cette couche pour renfermer l'onde entre deux surfaces sphériques concentriques. Dans bien des cas on considérait que cette couche de Heaviside avait les propriétés d'un bon conducteur et on supposait qu'un rayon de courtes ondes pouvait être plus ou moins régulièrement réfléchi et ramené à la surface de la terre. La haute conductibilité de cette couche était due, supposait-on, à l'ionisation produite par le soleil ou par des particules, venant de l'extérieur. Celles-ci, envahissant l'atmosphère terrestre, provoqueraient dans les parties supérieures raréfiées une forte ionisation. Les différences dans la transmission de jour et de nuit et les variations qui se manifestent au lever et au coucher du soleil furent attribuées à l'effet des rayons solaires, produisant une ionisation de degré variable selon le moment du jour. On put alors édifier l'explication du phénomène du « fading » (ou fluctuations relativement rapides de l'intensité des signaux reçus) en admettant que les irrégularités de la couche de Heaviside produisaient soit l'interférence entre les ondes arrivant par des chemins différents, soit la réflexion et la concentration en différents points de la surface terrestre. La principale difficulté dans cette explication réside dans la nécessité de rendre compte de la propagation des ondes à de grandes distances sans absorption considérable, et ce avec une couche de conductibilité plutôt élevée.

En 1912, Eccles fit paraître un article (1) dans lequel la

(1) *Proc. Roy. Soc.*, juin 1912.

Digitized by Google

courbure de l'onde autour de la surface terrestre était expliquée au moyen des ions de la haute atmosphère, de plus en plus nombreux quand on s'élève, d'où une diminution de la constante diélectrique qui est une mesure de la vitesse de propagation de l'onde. De la sorte les vitesses décroissent légèrement quand on se rapproche de la surface terrestre, d'où une déviation vers le sol de la normale à l'onde, et par suite une courbure du chemin suivi par l'onde lui permettant de suivre la courbure même de la terre. Pour produire cet effet sans absorption les ions doivent être relativement libres dans leurs déplacements. S'ils subissaient de nombreuses collisions pendant une période de l'onde, de l'énergie serait empruntée à l'onde et servirait, sous forme de chaleur, à entretenir l'agitation des molécules. On peut ainsi arriver à calculer l'absorption subie par l'onde à condition de connaître complètement le mécanisme de cette absorption.

Sommerfeld et divers auteurs ont fait appel à la conductibilité imparfaite du sol et à son action sur le front de l'onde; les calculs amènent à prédire que le vecteur électrique de l'onde près du sol sera dévié dans le sens de la propagation et, par suite, aura une composante horizontale. On attribue généralement à cette conductibilité imparfaite la grande valeur de la force électromotrice induite dans l'antenne dite « wave antenna ». Cette théorie ne semble pas toutefois devoir conduire à une explication du fait que les ondes peuvent contourner la terre.

Un article de Larmor [1] est paru récemment, dans lequel l'idée d'un accroissement de la densité des ions ou des électrons est perfectionnée en vue d'expliquer la courbure des ondes autour de la terre sans une absorption considérable. Cet article, tout comme celui d'Eccles, amène à conclure que les ondes seront courbées autour de la terre, que cet effet est proportionnel au carré de la longueur d'onde, et par suite que cet effet est très faible et négligeable pour les ondes courtes.

Le grand nombre de données dont on dispose sous forme

(1) *Phil. mag.*, déc. 1924. — *Annales des P. T. T.* : août 1925, p. 781.

Digitized by Google

d'observations faites sur des transmissions radioélectriques, observations à la fois qualitatives et quantitatives, montrent que les phénomènes pourraient bien être plus complexes que ces théories ne l'indiquent. On trouve que les très grandes ondes possèdent une très grande stabilité et ne subissent pas de « fading », et que à mesure que la longueur d'onde décroît, l'amortissement et l'amplitude des variations croît jusqu'à ce qu'on ait atteint une longueur d'onde de l'ordre de 2 à 300 m. Pour cette longueur d'onde critique il y a une grande irrégularité dans la transmission, de sorte qu'une communication stable sur des distances ne dépassant pas 100 miles n'est pas toujours possible, même en employant de grandes puissances. A mesure que la longueur d'onde décroît, on observe également une variation dans la direction apparente de l'onde. D'autre part, à mesure que la longueur d'onde continue à décroître, on observe, *quelquefois*, des accroissements plutôt surprenants de la portée et de la stabilité. La nature du « fading » change, devient plus rapide, et l'absorption dans beaucoup de cas semble décroître. Il faut expliquer cette particularité de la transmission des ondes pour que la théorie soit satisfaisante. En plus de l'action sélective apparente ci-dessus mentionnée, quelques observations indiquent qu'il y a des différences fréquentes à toute longueur d'onde entre les transmissions est, ouest, nord ou sud.

Les diverses irrégularités de la transmission radioélectrique et particulièrement la façon désordonnée et anormale dont se comportent les ondes électromagnétiques, aux environs d'une longueur d'onde de quelques centaines de mètres, semblent indiquer qu'à mesure que la longueur d'onde décroît de quelques kilomètres à quelques mètres une sorte d'action sélective prend naissance et vient changer l'allure du phénomène physique. Ces considérations nous ont suggéré la possibilité de trouver un mécanisme sélectif à la surface de la terre ou dans l'atmosphère, qui opérât dans le voisinage de 200 mètres. Un examen superficiel d'une distribution possible de particules électrisées dans l'atmosphère nous a permis de conclure, que l'effet

Digitized by Google

sélectif requis ne pouvait être produit par ce mécanisme physique. Il y a, cependant, dans l'atmosphère terrestre — en plus des distributions d'ions — un champ magnétique terrestre qui, en présence des ions, aura une action perturbatrice sur l'onde électromagnétique. Comme on le sait, un ion libre, en se déplaçant dans un champ magnétique, est soumis à une force perpendiculaire au plan de la vitesse et du champ magnétique. Si l'ion est soumis à une force électrique sinusoïdale, il exécutera une oscillation libre et une oscillation forcée. La trajectoire résultante a pour projection sur un plan une ellipse qui est parcourue pendant une période de la force appliquée. Les composantes de la vitesse sont des fonctions linéaires des composantes du champ électrique ; et, à une certaine fréquence, qui ne dépend que du champ magnétique et du rapport $\frac{e}{m}$ de l'ion, elles deviennent très grandes à moins d'être limitées par dissipation d'énergie. La fréquence critique est égale à $\frac{He}{2\pi mc}$ si H est mesuré avec les unités électromagnétiques et e avec les unités électrostatiques. Cette fréquence est celle de l'oscillation libre. Pour un électron placé dans le champ magnétique terrestre (supposé d'une intensité de 0.5 gauss) cette fréquence de résonance est $1{,}4 \times 10^6$ et correspond à une longueur d'onde de 214 mètres (1). Nous avons ainsi l'indication qu'une partie au moins des phénomènes de transmission intéressant les faibles longueurs

(1) Cette fréquence ne dépend pas de la direction du champ, et est pratiquement constante sur toute la surface de la terre.

Le 7 mars, alors que cet article était rédigé, le numéro du 15 février des *Procedings of the Physical Society of London* arriva à New-York. Dans ce numéro, se trouvait une discussion sur l'ionisation de l'atmosphère, discussion au cours de laquelle M. E.V. Appleton suggéra, dans un appendice, que le champ magnétique terrestre agissant sur les électrons devait changer la vitesse de l'onde et produire sa rotation. Un calcul de la fréquence critique était indiqué dans lequel, toutefois, n'intervenait que la composante horizontale du champ terrestre, d'où une valeur erronée de la fréquence critique, valeur inférieure à la moitié de la valeur réelle. Si on écrit les équations complètes il apparaît aussitôt, avec évidence, que c'est le champ total qui intervient dans l'expression de la fréquence critique, quelle que soit la direction de la propagation.

Digitized by Google

d'onde, peut être expliquée en tenant compte de l'action du champ magnétique terrestre sur les électrons de l'atmosphère terrestre soumis au champ électrique de l'onde. Cette fréquence se place approximativement dans le spectre là où se produisent les effets déjà mentionnés. L'autre fréquence de résonance que l'on rencontre serait due à l'ion hydrogène qui a un rapport $\frac{e}{m}$ égal au $\frac{1}{1800}$ de celui de l'électron. La fréquence de résonance de cet ion est seulement de 800 périodes et ne peut certainement pas avoir d'effet sélectif bien marqué sur la propagation des ondes électromagnétiques à la surface de la terre. Nous avons par conséquent tiré les conséquences de l'hypothèse, qu'il y a dans la haute atmosphère deux facteurs actifs pour influencer la propagation des ondes électromagnétiques comprises dans la bande des fréquences radio, à savoir des électrons libres et des ions soumis tous deux au champ magnétique terrestre. L'action des électrons sera dominante au voisinage de la fréquence de résonance et peut-être même au dessus, tandis que les ions lourds affecteront l'onde à toutes les fréquences, et s'ils sont beaucoup plus nombreux, ils peuvent devenir prédominants à d'autres fréquences que la fréquence critique. En élaborant cette théorie on suppose donc qu'il se trouve dans l'atmosphère terrestre des électrons libres et des ions. Aux hautes altitudes ceux-ci sont capables, en moyenne, de faire en vibrant dans le champ électromagnétique plusieurs vibrations complètes avant de rencontrer d'autres ions ou des atomes neutres. Aux faibles altitudes il n'en va plus de même et les collisions deviennent si nombreuses que l'importance du terme résistance, dans les équations du mouvement, devient beaucoup plus grande. Dans l'un et l'autre cas les ions n'ont pas de force de rappel du type diélectrique. Le mouvement de l'électron ou de l'ion constitue un courant de convection qui réagit sur l'onde électromagnétique et sur la vitesse de propagation de l'onde. C'est là, en fait, le principe de l'explication des propriétés optiques des milieux transparents et absorbants comme aussi des milieux qui ont le pouvoir rotatoire magné-

Digitized by Google

tique ou autre. Par suite des collisions et des recombinaisons, il sera emprunté continuellement de l'énergie au champ électromagnétique pour accroître l'énergie d'agitation des molécules neutres. Puisque le mécanisme est irréversible, il rend compte d'une absorption de l'énergie de l'onde.

Soit un électron ou un ion de charge e, de masse m, se déplaçant avec la vitesse $\vec{V}$ et soumis à un champ électrique $\vec{E}$ et au champ magnétique terrestre $\vec{H}$. L'équation du mouvement de l'ion libre sera

$$\frac{m}{e}\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{E} + \frac{1}{c}\vec{V}\wedge\vec{H},$$

ou :

$$a\frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{E} + \vec{V}\wedge\vec{h}, \qquad (1)$$

en posant $h = \frac{H}{c}$ et $a = \frac{m}{e}$ (quand nous arriverons à tenir compte de l'absorption, il nous faudra d'une façon plus générale remplacer a par $a\left(1 - i\frac{r}{mn}\right)$, pour introduire une force résistante, $r\vec{V}$, proportionnelle à la vitesse).

Le courant total est donné par :

$$4\pi\vec{I} = \frac{d\vec{E}}{dt} + \sum 4\pi Ne\vec{V}. \qquad (2)$$

Dans ces équations et dans les suivantes nous employons les unités de Gauss et le signe Σ porte sur les différentes espèces d'ions.

Pour éviter un appareil mathématique compliqué, qu'il n'est d'ailleurs pas difficile de construire s'il est nécessaire, nous prendrons le champ magnétique $\vec{H}$ dirigé suivant l'axe des z. Quand des résultats plus généraux seront nécessaires, nous les donnerons. Nous supposerons que toutes les fonctions du temps sont sinusoïdales la fréquence étant $\frac{n}{2\pi}$, de sorte que $\frac{d}{dt} = in$.

Résolvons l'équation (1) par rapport aux composantes de $\vec{V}$, nous trouvons pour chaque type d'ion :

Digitized by Google

$$v_1 = \frac{inaX + hY}{h^2 - a^2n^2},$$

$$v_2 = \frac{hX + inaY}{h^2 - a^2n^2},$$

$$v_3 = \frac{Z}{ina},$$

d'où il apparaît qu'on a une fréquence de résonance pour :

$$n = \frac{h}{a} = n_0.$$

Puisque, pour l'électron $\frac{e}{m} = -1.77c \times 10^7$, le champ magnétique terrestre (d'à peu près 0.5 gauss) produira une fréquence de résonance de 1.410^6 correspondant à une longueur d'onde de 214 mètres ; tandis que tous les ions plus lourds ont des fréquences de résonance bien en dehors de la bande à considérer.

L'hypothèse que les composantes du mouvement de l'ion sont des fonctions sinusoïdales, bien que le mouvement de l'ion soit extrêmement compliqué, se justifie comme suit. D'après (1) nous trouvons que la vitesse d'un ion (r), soit $\vec{V}_r$ comprend la solution générale de l'équation dans second membre $\vec{V}'_r$ (où les constantes d'intégration ont été déterminées d'après la position et le mouvement de l'ion à la dernière collision) et la solution particulière $\vec{V}''_r = f(\vec{E})$ (qui dépend de la force appliquée $\vec{E}$). Le courant total est alors.

$$\vec{I} = \frac{1}{4\pi}\frac{d\vec{E}}{dt} + \sum e\vec{V}_r' + Nef(\vec{E}).$$

Toutefois, le deuxième terme ressort à une moyenne prise pour un grand nombre d'ions puisque les conditions initiales sont quelconques (1) ; par suite, au moins en ce qui concerne

(1) On suppose ici que le temps moyen qui s'écoule entre les collisions est grand par rapport à $\frac{1}{n}$.

Digitized by Google

l'effet sur la propagation de l'onde, nous pouvons traiter toutes les quantités comme si elles étaient sinusoïdales.

En employant la méthode usuelle pour l'étude de la propagation des ondes dans un milieu de cette sorte, nous allons récrire l'équation (2) en explicitant les composants du champ électrique. D'où pour chaque type d'ion.

$$4\pi I_1 = \left(1 + \frac{\sigma N}{n_0^2 - n^2}\right)\frac{dX}{dt} - i\,\frac{\sigma N \dfrac{n_0}{n}}{n_0^2 - n^2}\frac{dY}{dt} = \varepsilon_1 \frac{dX}{dt} - i\alpha \frac{dY}{dt}.$$

$$4\pi I_2 = i\,\frac{\sigma N \dfrac{n_0}{n}}{n_0^2 - n^2}\frac{dX}{dt} + \left(1 + \frac{\sigma N}{n_0^2 - n^2}\right)\frac{dY}{dt} = i\alpha \frac{dX}{dt} + \varepsilon_1 \frac{dY}{dt} \quad (3)$$

$$4\pi I_3 = \left(1 - \frac{\sigma N}{n^2}\right)\frac{dz}{dt} = \varepsilon_2 \frac{dZ}{dt},$$

en posant $\frac{4\pi e}{a} = \sigma$, soit $3{,}2 \times 10^9$ pour un électron et $3{,}2 \cdot 10^9 \frac{m}{M}$ pour un ion de masse M. En vue d'éviter des formules compliquées, les sommations qui auraient dû être introduites dans les équations (3) pour tenir compte de l'effet des différentes sortes d'ions, ont été supprimées ; mais il faut bien se rappeler que les constantes diélectriques ε, α, etc. sont formées par des contributions de tous les types d'ions.

Ainsi pour un ion de masse M nous devons mettre $\frac{m}{M}\sigma$ au lieu de σ et $n_0 \frac{m}{N}$ au lieu de n_0 dans les équations (3).

La constante diélectrique, au lieu d'être égale à l'unité, a donc la structure

$$(\varepsilon) = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 & -i\alpha & 0 \\ i\alpha & \varepsilon_1 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_2 \end{pmatrix}$$

et nous pouvons écrire l'équation (2) sous la forme vectorielle

$$4\pi \vec{I} = (\varepsilon) \cdot \frac{d\vec{E}}{dt}$$

équivalente aux équations scalaires (3). Ainsi $\vec{I}$ et une fonc-

Digitized by Google

tion vectorielle linéaire de E et l'opérateur (ε) est symétrique gauche et indique un effet rotationnel autour de l'axe des z.

(Le cas général où $\vec{h}$ a trois composants $(h_1\ h_2\ h_3)$ conduit à une constante diélectrique ayant la structure

$$(\varepsilon) = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 & -\beta_3 - i\alpha_3 & -\beta_2 + i\alpha_2 \\ -\beta_3 + i\alpha_3 & \varepsilon_2 & -\beta_1 - i\alpha_2 \\ -\beta_2 - i\alpha_2 & -\beta_1 + i\alpha_1 & \varepsilon_3 \end{pmatrix}$$

dont la formule ci-dessus est un cas particulier. Avec cette valeur de (ε) les équations (4) ci-dessous donnent la solution générale du problème.)

Soit $\vec{H}_1$ la force magnétique associée à $\vec{E}$ dans l'onde de sorte que

$$c \operatorname{curl} \vec{H}_1 = (\epsilon) \frac{d\vec{E}}{dt}$$

$$c \operatorname{curl} \vec{E} = -\frac{d\vec{H}_1}{dt}$$

Éliminant $\vec{H}_1$ de ces équations nous obtenons

$$-\nabla^2 \vec{E} + \nabla \operatorname{div} \vec{E} = \frac{n^2}{c^2} (\varepsilon) \vec{E} \qquad (4)$$

ou sous forme scalaire

$$\begin{aligned} -\nabla^2 X + \frac{\partial}{\partial x} \operatorname{div} \vec{E} &= \frac{n^2}{c^2} (\varepsilon_1 X - i\alpha Y) \\ -\nabla^2 Y + \frac{\partial}{\partial y} \operatorname{div} \vec{E} &= \frac{n^2}{c^2} (i\alpha X + \varepsilon_1 Y) \\ -\nabla^2 Z + \frac{\partial}{\partial z} \operatorname{div} \vec{E} &= \frac{n^2}{c^2} (\varepsilon_2 Z) \end{aligned} \qquad (5)$$

Ces équations pour la propagation de la lumière dans des substances magnétiquement actives ont été données par Voigt, Lorentz, Drude, d'autres encore, et sont à la base de l'explication des phénomènes optiques dans ces subtances. Appliquées à l'optique, elles sont établies, par exemple, dans « Optics » de Drude (traduction anglaise) page 433. Appliquées à notre problème, elle supposent que le mouvement des électrons n'éprouve aucunes résistance, ou que la résistance au mouvement est pro-

Digitized by Google

portionnelle à la vitesse ce qui, comme nous le montrerons plus tard, peut être admis ici. Nous allons étudier des cas relativement simples et montrer quelles conclusions on peut en tirer.

Considérons d'abord un rayon polarisé dans un plan, ayant son vecteur électrique parallèle au champ magnétique et se déplaçant dans le plan des xy, par exemple parallèlement à l'axe des x. Dans ce cas le vecteur électrique est une fonction de x et de t seulement, de la forme

$$Z = Z_0 e^{in\left(t - \frac{\mu x}{c}\right)}$$

où $\frac{c}{\mu}$ est la vitesse de l'onde. Substituant dans les équations générales (5), nous trouvons

$$\mu^2 = 1 - \Sigma \frac{\sigma_i N_i}{n^2} \qquad (6)$$

La vitesse de propagation est donc une fonction de la fréquence et de la densité N. Ce cas particulier correspond à celui traité par Eccles et par Larmor dans les articles cités. On notera que la vitesse est plus grande pour les ondes longues que pour les courtes et que si N est une fonction de la hauteur au-dessus du sol, la vitesse variera avec la hauteur, déterminant une courbure des rayons mise à profit par les auteurs ci-dessus mentionnés. Dans ce cas particulier, cependant, qui correspond complètement en pratique à des conditions ne s'étendant que sur une portion limitée de la surface terrestre, l'effet le plus gros se produit sur les ondes longues. Comme les ondes électromagnétiques sont en général émises par des antennes verticales de telle sorte que le vecteur électrique est vertical, ce cas correspond aux conditions de transmission aux pôles magnétiques nord ou sud de la terre.

Le second cas à considérer est celui de la propagation dans une direction parallèle au champ magnétique. Dans ce cas X et Y sont des fonctions de z et de t et les solutions des équations fondamentales sont

$$X' = A \cos n\left(t - \frac{\mu_1 z}{c}\right),$$

Digitized by Google

$$Y' = -A \sin n\left(t - \frac{\mu_1 z}{c}\right), \qquad \mu_1^2 = \varepsilon_1 + \alpha,$$

$$X'' = A \cos n\left(t - \frac{\mu_2 z}{c}\right),$$

$$Y'' = A \sin n\left(t - \frac{\mu_2 z}{c}\right), \qquad \mu_2^2 = \varepsilon_1 \alpha -.$$

Ceci représente deux composantes polarisées circulairement dans des sens opposés et se déplaçant avec les vitesses $\frac{c}{\mu_1}$ et $\frac{c}{\mu_2}$. Le plan de polarisation tourne de $2n$ quand le chemin parcouru a la valeur z_0 donnée par

$$\frac{z_0}{\lambda} = \frac{\varepsilon_1}{\alpha}.$$

Le troisième cas à considérer est celui de la propagation perpendiculairement au champ magnétique, dans la direction de l'axe des x, par exemple. Dans ce cas les équations (5) deviennent.

$$X = \frac{i\alpha}{\varepsilon_1} Y$$

$$-\frac{c^2}{n^2} \nabla^2 Y = \left(\varepsilon_1 - \frac{\alpha^2}{\varepsilon_1}\right) Y$$

$$-\frac{c^2}{n^2} \nabla^2 Z = \varepsilon_2 Z,$$

Les solutions sont :

$$X = Y \frac{i\alpha}{\varepsilon_1} \quad Y_0 e^{in\left(t - \frac{\mu_1 x}{c}\right)}$$

$$Y = Y_0 e^{in\left(t - \frac{\mu_1 x}{c}\right)} \qquad \mu_1^2 = \varepsilon_1 - \frac{\alpha^2}{\varepsilon_1},$$

$$Z = Z_0 e^{in\left(t - \frac{\mu_2 x}{c}\right)} \qquad \mu_2^2 = \varepsilon_2.$$

La première de ces formules donne la composante (généralement faible) du champ requis pour rendre solénoïdal le courant total, c'est-à-dire pour équilibrer le courant de convection dû aux électrons. Les deux dernières montrent que le rayon polarisé dans un plan dont le vecteur électrique est parallèle à $\vec{H}$ se propagera avec la vitesse $\frac{c}{\mu_2}$ tandis que celui dont le vecteur élec-

Digitized by Google

trique est perpendiculaire à $\vec{H}$ et à la direction de propagation se propagera avec une vitesse différente $\frac{c}{\mu_1}$. Il y a donc double réfraction.

Incurvation des rayons. — Si μ est l'indice de réfraction, lequel est fonction des coordonnées, la courbure du rayon ayant cet indice est $\frac{1}{\mu}\frac{d\mu}{ds}$ où s est pris perpendiculaire à la direction du rayon. Puisque μ est pratiquement égal à l'unité sauf à la fréquence critique, cette courbure est : $1/2\,\frac{d\mu^2}{ds}$. Pour que le rayon épouse la courbure de la terre il est clair que μ doit décroître aux hautes altitudes, c'est-à-dire que $\frac{d\mu^2}{ds}$ doit être négatif.

Nous allons calculer les courbures pour les cas particuliers considérés. (Le 1er cas a été donné ci-dessus et les calculs sont explicités dans les articles cités). Pour le cas de la propagation parallèlement à H les deux rayons polarisés circulairement ont des indices donnés par

$$\mu_1^2=\varepsilon_1+\alpha=1+\frac{\sigma N}{n^2}\frac{1}{\omega-1}, \tag{7}$$

$$\mu_2^2=\varepsilon_1-\alpha=1-\frac{\sigma N}{n^2}\frac{1}{\omega+1}. \tag{8}$$

$$\left(\omega=\frac{n_0}{n}\right)$$

Ce qui nous intéresse, ce sont les valeurs de $1/2\,\frac{d\mu^2}{ds}$ où N et h sont des fonctions de s et aussi du temps. On a, tous calculs faits :

$$C_1=\frac{1}{2}\frac{d\mu_1^2}{ds}=\frac{\sigma}{2n_0^2}\left[\frac{\omega^2}{\omega-1}\frac{dN}{ds}-\frac{\omega^3}{(\omega-1)^2}\frac{N}{h}\frac{dh}{ds}\right], \tag{9}$$

$$C_2=\frac{1}{2}\frac{d\mu_2^2}{ds}=\frac{\sigma}{2n_0^2}\left[\frac{-\omega^2}{\omega+1}\frac{dN}{ds}+\frac{\omega^3}{(\omega+1)^2}\frac{N}{h}\frac{dh}{ds}\right]. \tag{10}$$

Un fait frappant mis en évidence par ces formules c'est que les

Digitized by Google

courbures des deux rayons sont en général différentes. Un rayon qui entre dans un milieu ionisé le long d'un méridien magnétique se divisera en deux rayons qui suivront des chemins différents. Aussi nous devons nous attendre à trouver dans un récepteur, dans certains cas, un rayon polarisé circulairement, c'est que le récepteur est en un point sur lequel est dévié un des rayons qui ont traversé une couche supérieure ionisée. Ce fait est soumis présentement à une recherche expérimentale. Il est clair que, bien que les deux composants ne se propagent pas en général suivant le même chemin, tous deux peuvent éventuellement atteindre le même récepteur. Le premier rayon, cependant, peut avoir pénétré plus haut que l'autre dans l'atmosphère, c'est-à-dire, jusqu'à une altitude pour laquelle $\frac{dN}{ds}$ a la valeur négative propre à le renvoyer sur terre.

Pour les ondes longues ces courbures deviennent

$$C_1 = \frac{\sigma\omega}{2n_0^2}\left(+\frac{dN}{ds} - \frac{N}{h}\frac{dh}{ds}\right), \tag{11}$$

$$C_2 = \frac{\sigma\omega}{2n_0^2}\left(-\frac{dN}{ds} + \frac{N}{h}\frac{dh}{ds}\right). \tag{12}$$

Il en résulte qu'un rayon limité appartenant à des ondes longues qui pénètre dans ce milieu tendra à se diviser en deux rayons de polarisation opposée, lesquels suivront des chemins différents. Dans le cas particulier où $\frac{1}{N}\frac{dN}{ds} = \frac{1}{h}\frac{dh}{ds}$ dans la totalité du milieu, la division du rayon ne se produira pas.

Pour les ondes courtes

$$C_1 = \frac{\sigma}{2n_0^2}\left[-\omega^2\frac{dN}{ds} - \omega^3\frac{N}{h}\frac{dh}{ds}\right], \tag{13}$$

$$C_2 = \frac{\sigma}{2n_0^2}\left[-\omega^2\frac{dN}{ds} + \omega^3\frac{N}{h}\frac{dh}{ds}\right]. \tag{14}$$

Par suite si la cause prédominante de la réfraction est la variation de la densité ionique, les composantes tendent toutes deux à rester réunies et à se propager avec une rotation du plan de polarisation. Si la variation du champ magnétique est appré-

Digitized by Google

ciable les deux composantes tendent à se séparer comme dans le cas des ondes longues.

Pour la propagation perpendiculairement à H, par exemple le long de l'axe des x, nous avons

$$\mu_1^2=\varepsilon_2=1-\frac{\sigma N}{n^2}, \tag{15}$$

$$\mu_2^2=\varepsilon_1-\frac{\alpha^2}{\varepsilon_1}. \tag{16}$$

La déviation de la composante polarisée dans un plan et ayant pour indice μ_1, ne présente pas d'effets sélectifs, son expression étant simplement

$$C_1=-\frac{\sigma}{2n^2}\frac{dN}{ds} \tag{17}$$

elle n'est appréciable que pour les grandes ondes à moins que N ne soit très grand. Quant à l'autre composante nous trouvons

$$C_2=\frac{\sigma}{2n_0^2}\cdot\frac{\omega^2}{\omega^2-1}\cdot\frac{1-\dfrac{2\sigma N}{n_0^2}\omega^2-\dfrac{\sigma^2N^2}{n_0^4}\dfrac{\omega^2}{\omega^2-1}}{\left(1+\dfrac{\sigma N}{n_0^2}\dfrac{\omega^2}{\omega^2-1}\right)^2}\frac{dN}{ds} \tag{18}$$

où, pour simplifier la formule, on n'a conservé que le terme contenant $\frac{dN}{ds}$. Elle ne s'applique qu'à une seule sorte d'ions.

Pour les ondes longues ces deux courbures deviennent

$$C_1=-\frac{\sigma}{2n_0^2}\omega^2\frac{dN}{ds}, \tag{19}$$

$$C_2=\frac{\sigma}{2n_0^2}\left(1-\frac{2\sigma N}{n_0^2}\omega^2\right)\frac{dN}{ds}. \tag{20}$$

Ces formules montrent que la première courbure est toujours de même signe pour une valeur donnée de $\frac{dN}{ds}$, tandis que la deuxième courbure, qui est celle du vecteur électrique perpendiculaire au champ magnétique, est pour de très longues ondes du même signe que C_1, mais à mesure que la longueur d'onde décroit ou que N croît, elle change de signe et prend un signe contraire à celui de C_1. A titre d'exemple, si $N=10$, pour des ondes de 6 km. les courbures sont opposées, de sorte que si la

Digitized by Google

première composante tend à revenir vers le bas la seconde tendra à se courber vers le haut. Tandis que si $N=100$; pour la même longueur d'onde les deux courbures ont le même signe et la seconde est cinq fois plus grande que la première.

Pour des ondes très courtes les deux courbures sont égales comme il est évident à priori, puisque le champ magnétique ne peut avoir aucune action.

Dans la transmission de New York à Londres, par exemple, les ondes se propagent à peu près perpendiculairement au champ magnétique, incliné à cette latitude de 70° environ. Si nous émettions une onde polarisée plane avec son vecteur électrique vertical, la composante parallèle au champ magnétique sera la plus grande et elle subira la courbure C_1 ci-dessus tandis que la plus petite composante sera affectée par le champ magnétique et présentera la courbure C_2. Les deux composantes de l'onde initiale se propageront avec des vitesses différentes. Il est clair que quand la répartition des ions dans la haute atmosphère est changée par suite de variations dans les conditions solaires, l'action résultante sur un récepteur doit varier considérablement. Quelques-unes des éventualités seront discutées plus tard.

Rotation du plan de polarisation. — Nous avons montré que dans le deuxième cas, celui de la transmission parallèlement au champ magnétique, il y a rotation du plan de polarisation de l'onde. Cette rotation est telle que le plan de polarisation a tourné de 2π pour une distance z_0 donnée par

$$z_0 = \frac{2\pi c}{n_0} \frac{1 + \frac{\sigma N}{n_0^2} \frac{\omega^2}{\omega^2 - 1}}{\frac{\sigma N}{n_0^2} \frac{\omega^2}{\omega^2 - 1}} . \qquad (21)$$

Il est intéressant de noter que la distance nécessaire pour que le plan de polarisation tourne de 2π se rapproche de la valeur constante $\frac{2\pi c n_0}{\sigma N}$ quand la longueur d'onde croît et que pour de très courtes ondes la rotation du plan de polarisation tend à devenir nulle en même temps que la longueur d'onde.

Digitized by Google

Absorption. — Quand un électron rencontre en atome neutre massif la valeur moyenne des vitesses résiduelles est négligeable et dans l'état de régime permanent du mouvement des électrons et des molécules neutres l'élément de courant de convection représenté par l'électron qui cause le choc sera neutralisé, au moins en ce qui concerne l'onde, à chaque choc. Quant à l'énergie emmagasinée dans cet élément de courant de convection depuis la dernière collision, une partie en sera dépensée pour accélérer le mouvement des molécules neutres, une autre ira accroître la vitesse moyenne d'agitation de l'électron et le reste apparaîtra sous forme de radiation électromagnétique non organisée. Ainsi, au moins en ce qui concerne l'onde, le mécanisme du choc avec les molécules neutres massives est irréversible même si les molécules sont élastiques, et toute l'énergie empruntée à l'onde par l'électron dans l'intervalle des chocs, est perdue pour l'onde au choc suivant. Tout se passe exactement comme si à chaque choc l'électron se recombinait avec une molécule et qu'un nouvel électron fût créé animé d'une vitesse nulle ou quelconque. Ainsi pour les molécules massives pour lesquelles nous pouvons négliger les vitesses résiduelles de l'électron l'effet sur l'onde est exactement le même, que le choc soit élastique ou mou.

Ces conclusions sont confirmées par les résultats de deux calculs différents portant sur le terme résistance, $r\vec{V}$, de l'équation du mouvement de l'électron. Considérons en premier lieu un ensemble d'électrons et de molécules neutres massives, supposé parfaitement élastiques, et pour lequel la valeur des vitesses résiduelles des électrons après le choc soit négligeable. Si un champ électrique Xe^{int} agit dans la direction de l'axe des x et si le mouvement a atteint le régime permanent, nous pouvons calculer l'énergie u empruntée à l'onde par un électron unique à un instant quelconque après un choc (produit au temps t_1) et avant le choc suivant, soit τ ce temps entre deux chocs successifs. Si la fréquence moyenne des chocs est f le temps τ entre les chocs sera réparti suivant la loi

$$fe^{-f\tau}$$

Digitized by Google

et nous obtiendrons l'énergie moyenne empruntée à l'onde à chaque choc en multipliant w par l'expression ci-dessus, en intégrant de o à l'∞ par rapport à τ et enfin en prenant la moyenne pour tous les temps t_1. Le résultat de ce calcul est que la perte moyenne d'énergie à chaque choc est simplement

$$w = \frac{e^2 X^2}{2mn^2} \frac{n^2}{f^2+n^2}$$

et par suite la perte par seconde est fw. Si nous égalons cette expression à rv^2 qui est aussi la vitesse avec laquelle l'énergie est dissipée nous trouvons que $r=mf$. C'est là par conséquent, le terme résistance qui doit être introduit dans l'équation du mouvement de l'électron.

Si le courant de convection est entretenu en partie par des ions plus lourds, il ne s'annulera pas à chaque choc et toute l'énergie empruntée au champ ne sera pas perdue dans le choc même.

Le calcul qui précède admet, comme évident, que l'énergie est perdue par l'onde avec une vitesse égale au produit du nombre des collisions par l'énergie qu'emprunte à l'onde un électron entre deux chocs. La deuxième méthode est un peu plus générale. On détermine la vitesse moyenne au temps t d'électrons qui se sont rencontrés pour la dernière fois au temps t_1. Cette vitesse moyenne est évidemment une fonction de la vitesse résiduelle du choc précédent et par suite de la vitesse moyenne avant le choc ; de sorte que si la vitesse moyenne avant le choc était V, celle après le choc sera εV où ε est un nombre inférieur à un et qui dépend du rapport des masses en présence et de la nature du choc. Faisant la moyenne pour tous les temps t_1, antérieurs à t et employant la même loi de distribution que plus haut, on obtient la vitesse moyenne des ions depuis la dernière collision. Par comparaison avec la formule obtenue pour la vitesse de l'oscillation forcée où le terme résistance est rV, nous trouvons que $r = mf\ (1 - \varepsilon)$. Dans le cas particulier des électrons, on peut prendre ε égal à zéro, d'où $r = mf$. Dans le cas d'ions très lourds rencontrant des

Digitized by Google

molécules neutres légères, $r = o$, puisque $\delta = 1$. Pour des masses égales δ sera à peu près égal à 1/2, d'où $r = \frac{1}{2} mf$.

Puisque le facteur résistance r est égal à mf, si l'on veut tenir compte de l'amortissement de l'onde, nous devons remplacer a par :

$$a\left(1 - i\frac{f}{n}\right).$$

Si, comme à l'ordinaire, nous considérons une onde proportionnelle à :

$$e^{-\frac{nk\mu x}{c}} \; e^{in\left(t - \frac{\mu x}{c}\right)},$$

les équations (5) montrent que, pour calculer la valeur de la constante d'absorption k, nous devons faire :

$$\mu^2 (1 - ik)^2 = \varepsilon,$$

où ε est la constante diélectrique généralisée relative au cas considéré. Nous avons traité par cette méthode l'absorption dans les divers cas étudiés ci-dessus et avons obtenu les résultats suivants.

Dans le cas où on a un champ magnétique nul ou un champ magnétique parallèle à la direction du vecteur électrique, nous trouvons :

$$k = \frac{\sigma N}{2 n_0^2} \omega^2 \frac{f/n}{1 + f^2/n^2}.$$

Cette formule de l'absorption s'applique (dans le cas des électrons) pour des valeurs quelconques de f et de n. Ainsi au voisinage du sol où la fréquence des chocs f est de l'ordre de 10^9, la fraction $\frac{f}{n}$ sera grande même pour des ondes courtes. A mesure que nous nous élevons dans l'atmosphère ce rapport décroît pour une longueur d'onde donnée jusqu'à ce qu'on atteigne une hauteur pour laquelle $\frac{f}{n} = 1$: nous avons alors une absorption maximum *par électron*. Au-dessus de cette hauteur, $\frac{f}{n}$ et par suite l'absorption par électron décroît. Pour les

Digitized by Google

ions autres que les électrons, la résistance sera dans une certaine mesure, différente de mf, selon le rapport des masses ; par suite un changement correspondant devra être apporté aux conclusions qui précèdent.

Dans cet article nous ne considérons que les effets produits à des hauteurs supérieures à celle du maximum d'absorption, de sorte que, d'une manière générale, $\frac{f}{n}$ sera petit ou tout au moins inférieur à l'unité. Nous ferons cette approximation dans le calcul des constantes d'absorption ci-dessous. Pour nous rendre compte de la nature de cette approximation, nous donnons l'exemple suivant : à une hauteur d'environ 100 km. nous pouvons prévoir une pression atmosphérique de 10^{-5} et une fréquence de chocs de l'ordre 10^5. Par suite pour les très longues ondes de fréquence 40.000 nous avons encore $\frac{f}{n} = 0{,}4$ tandis qu'à la fréquence critique, $\frac{f}{n}$ est seulement de 1/100.

Le calcul de la fréquence de chocs des électrons est très laborieux à cause de l'aspect particulier que peut revêtir le choc et aussi parce qu'il n'est probablement pas possible d'admettre qu'il y a équilibre thermique avec les molécules du gaz. Le processus de l'ionisation et de la recombinaison amènent également des complications. Il est probable que le renseignement le plus significatif est le nombre des parcours libres de l'électron par seconde et par unité de volume.

La question de savoir comment se comportent les ondes dans la couche du maximum d'absorption ou au-dessous est une question différente qui nécessitera une autre communication.

Dans le cas de la propagation le long d'un méridien magnétique les deux rayons polarisés circulairement en sens inverse ont pour constantes d'absorption :

$$k_1 = \frac{\sigma N}{2 n_0^2} \times \frac{\omega^2 f/n}{(\omega - 1)^2 + (f/n)^2} \qquad k_2 = \frac{\sigma N}{2 n_0^2} \frac{\omega^2}{(\omega + 1)^2} \frac{f}{n}.$$

Digitized by Google

Nous noterons que, à la fréquence critique, la première de ces ondes a une absorption forte $\frac{\sigma N}{2 n_0^2} \frac{n}{f}$ et qu'elle est par conséquent absorbée complètement après un parcours minime, tandis que l'autre onde a une constante d'absorption normale $\frac{\sigma N}{8 n_0^2} \frac{f}{n}$. Ainsi dans ce cas de transmission le long du méridien à la fréquence critique nous devons nous attendre à ce qu'un poste récepteur, suffisamment élevé au-dessus du sol, reçoive un rayon polarisé circulairement. Par suite, si nous employons un cadre pour la réception, l'intensité du signal reçu sera indépendante de la position du cadre, pourvu qu'un diamètre du cadre soit placé parallèlement à la direction de propagation de l'onde. Il va de soi qu'en général, cette condition idéale ne pourra pas être réalisée par suite de l'action perturbatrice du sol et des autres conducteurs et tout ce que nous pouvons espérer en pratique, c'est de recevoir un rayon polarisé elliptiquement.

Dans le troisième cas, celui de la propagation perpendiculaire au champ magnétique, nous trouvons que l'onde polarisée avec le vecteur électrique parallèle au champ magnétique, a la même absorption que précédemment, à savoir $\frac{\sigma N}{2 n_0^2} \omega^2 \frac{f}{n}$ et que l'autre rayon dont l'indice de réfraction est $\varepsilon_1 - \frac{\alpha^2}{\varepsilon_1}$ a pour constance d'absorption $\frac{1}{2}(k_1 + k_2)$ où k_1 et k_2 sont les constantes d'absorption ci-dessus pour la propagation le long d'un méridien magnétique.

A la fréquence critique nous trouvons, par conséquent, que la constante d'absorption est particulièrement élevée et égale à $\frac{\sigma N}{4 n_0^2} \frac{n}{f}$, atteignant la moitié de la valeur obtenue pour le premier rayon dans le cas 2.

Un fait saillant est mis en lumière par ces équations. Si on se reporte aux deux valeurs des constantes d'absorption pour la transmission le long d'un méridien magnétique, on s'aperçoit que pour les très longues ondes (pour lesquelles ω est grand)

Digitized by Google

l'absorption ionique est beaucoup moindre quand il y a un champ magnétique que quand il n'y en a pas. Ce qui signifie que dans ce cas et le suivant la présence du champ magnétique *aide* à la propagation de l'onde électromagnétique en diminuant l'absorption. Cette réduction de l'absorption peut atteindre un taux assez élevé, ainsi qu'on peut le voir par simple inspection de la formule qui donne k_1. Par exemple, si $\omega = 20$, ce qui correspond à des ondes de 4.000 mètres, nous trouvons que, toutes choses égales d'ailleurs, l'absorption *due aux électrons seuls* est réduite par le champ magnétique à 1/400e de sa valeur en l'absence de champ magnétique. Il est bien entendu que ces cas ne sont pas directement comparables puisque le chemin choisi par l'onde n'est pas le même dans les deux cas. Il est plausible, cependant, d'admettre que la propagation d'une onde parallèlement au champ magnétique peut se faire avec un affaiblissement beaucoup moindre, que de l'est à l'ouest au dessus d'une région où le champ magnétique est à peu près vertical, car alors l'effet du champ magnétique est sensiblement nul. On ne peut pas cependant, en général, s'en tenir à cette conclusion, attendu qu'il existe d'autres causes qui agissent pour déterminer la propagation, par exemple, la courbure des rayons, de sorte qu'il n'est pas certain que la transmission au-dessus d'une région où le champ magnétique est vertical soit toujours plus difficile que dans les autres cas.

La raison de la diminution de l'absorption des grandes ondes quand un champ magnétique peut agir (c'est-à-dire dans tous les cas où le vecteur électrique n'est pas parallèle au champ magnétique), c'est que les vitesses acquises par les électrons à l'état libre sont bien moindres pour les petites valeurs de n quand il y a un champ magnétique.

Fading. — Le fading est une variation dans le temps de l'intensité du signal reçu en un point donné. Il est clair qu'une onde ayant au départ une amplitude et une fréquence constantes peut être reçue sous forme d'une onde d'amplitude variable : il suffit pour cela que certaines caractéristiques du

Digitized by Google

milieu soient variables avec le temps. En ce qui concerne l'atmosphère, ces caractéristiques peuvent être la distribution des électrons et des ions lourds, l'intensité et la direction du champ magnétique terrestre. Si ces propriétés sont fonction du temps, les vitesses, la courbure, l'absorption, et la rotation du plan de polarisation seront variables, l'amplitude de la variation dépendant des variations de N, $\frac{dN}{ds}$, H, $\frac{dH}{ds}$ comme aussi de la fréquence de l'onde ; dans beaucoup de cas les effets s'exagèrent au voisinage de la fréquence critique. Ces effets sont de toute évidence suffisamment nombreux pour rendre compte d'un fading présentant n'importe quel caractère, et pour suggérer un grand nombre d'expériences destinées à déterminer les causes les plus effectives. La question de la rotation du plan de polarisation, du fading et de la distortion, est en ce moment l'objet d'études expérimentales.

D'après nos formules il est clair que la vitesse, la courbure et l'absorption d'une onde électromagnétique aussi bien que la rotation de son plan de polarisation peuvent être affectées par une variation dans le temps de l'intensité et de la direction du champ terrestre. Un examen des variations probables de ces deux facteurs dans le temps et dans l'espace nous conduit à la conclusion qu'ils ne sont pas de première importance dans la genèse du fading s'il est de grande amplitude, sauf, peut-être, pendant les orages magnétiques. Un résultat des essais suivis faits ces deux dernières années entre New York et Londres à la fréquence 60.000, c'est que les forts orages magnétiques sont toujours accompagnés de variations correspondantes dans l'intensité des signaux reçus. Ainsi donc, bien que le champ magnétique terrestre puisse exercer une grande action sur la trajectoire et l'affaiblissement des ondes radio, il ne semble pas que sa variation dans le temps soit d'ordinaire une cause bien effective du fading.

Ceci laisse comme principale cause probable des variations dans le temps le nombre et la distribution des ions dans l'atmosphère terrestre. Il est impossible dans cette communication,

Digitized by Google

destinée en premier lieu à développer une théorie de la transmission qui fait intervenir le champ magnétique terrestre, de considérer en détail toutes les possibilités résultant de changements dans les distributions d'ions : toutefois nous ferons quelques remarques. Imaginons une onde se propageant de la source au récepteur. A une petite distance de la source le front de l'onde sera plus ou moins régulier, mais à mesure qu'il progressera, par suite des irrégularités dans la distribution des ions, le front de l'onde présentera des distorsions qui iront en s'exagérant à mesure que l'onde progresse. Ces distorsions du front de l'onde seront dues aux irrégularités du milieu et l'on peut les obtenir par la construction d'Huyghens appliquée en chaque point. Si nous considérons l'onde à une faible distance du récepteur, nous trouvons des régions dans lesquelles le front de l'onde tourne sa concavité vers le récepteur et des régions de courbure opposée. Ainsi l'énergie du front de l'onde sera dans certaines portions concentrée sur un point plus en avant et dans d'autres portions sera dispersée. La localisation de ces portions concaves ou convexes de l'onde dans le voisinage d'un point déterminé de réception sera éminemment sensible aux changements dans la distribution des ions le long de tous les chemins suivis par les rayons élémentaires contribuant à l'action sur le récepteur. Donc si nous connaissions l'emplacement et le mouvement de tous les ions entre l'émetteur et le récepteur, il nous serait possible, théoriquement, de prédire l'effet résultant en ce dernier point.

Pour expliquer le fading, il est essentiel que la distribution subisse une variation dans le temps. Il est clair que des effets de cette nature doivent être plus marqués pour les ondes courtes que pour les grandes ondes puisque c'est une région du milieu de grandeur comparable à la longueur d'onde qui doit subir un changement quelconque pour provoquer une variation du signal reçu. Si, par exemple, il y avait dans le milieu des irrégularités spatiales comparables en grandeur à la longueur d'onde, une sorte de phénomène de diffraction serait produit au récepteur lequel deviendrait très sensible aux moindres changements du réseau de l'espace.

Digitized by Google

Une cause possible d'irrégularité peut être due au passage à travers l'atmosphère de grandes ondes de condensation et de raréfaction ; il en résulterait un changement dans la densité et la distribution des ions, même si la densité moyenne reste constante dans un grand volume. Si, comme cela semble plausible, la haute atmosphère est sillonnée par un grand nombre de ces ondes atmosphériques de grande longueur d'onde, l'effet résultant sur un récepteur donné devra se traduire par des fluctuations de l'intensité du signal en raison des changements plus ou moins rapides affectant la configuration du front de l'onde dans son voisinage.

Pour les ondes radio dont la longueur est de l'ordre de quelques centaines de mètres, le fading qu'on observe expérimentalement se produit à une fréquence qui est de l'ordre d'une variation par minute (il va de soi que nous ne voulons pas dire par là qu'il y ait une période régulière du fading). L'onde de pression à laquelle nous avons fait allusion se déplacerait dans la haute atmosphère à une vitesse de l'ordre de 300 mètres par seconde aux faibles altitudes ou de 1.000 mètres par seconde dans l'atmosphère d'hydrogène, de sorte que la longueur d'onde de ces ondes « sonores » serait de l'ordre de 50 fois les longueurs d'onde radio. Les irrégularités du milieu auraient ainsi des dimensions suffisantes, par rapport aux ondes électromagnétiques, pour mettre en jeu la variation d'une des caractéristiques citées précédemment. De cette façon, nous arrivons à expliquer des variations d'intensité au récepteur à des intervalles d'une minute environ.

Il va sans dire que ces effets pourraient être produits même s'il n'y avait pas de champ magnétique ; mais les conclusions de cette communication montrent que l'état du front de l'onde se complique en outre d'une rotation du vecteur électrique et de l'existence d'une incurvation et d'une double réfraction, sous l'action du champ magnétique, effets qui s'exagérent au voisinage de la fréquence critique. Grâce au champ magnétique nous avons également la possibilité d'effets d'addition entre les deux composantes séparés antérieurement par l'action du

Digitized by Google

même champ et qui par suite se sont propagées par des chemins différents et à des vitesses différentes. Il est évidemment impossible de faire une théorie générale de la nature des effets produits par un ensemble aussi complexe de causes, mais un prochain travail expérimental, nous permettra, c'est notre ferme espoir, d'estimer l'importance relative de ces divers éléments.

Digitized by Google

NOUVEAU FRÉQUENCEMÈTRE A ÉCHELLE TRÈS ÉTENDUE,

par A. CAMPBELL (1).

SOMMAIRE. — *Description du fréquencemètre de Campbell. Après un court exposé du principe de la méthode de mesure, l'auteur signale les divers avantages de l'appareil, à savoir : le fait que les mesures nécessitent un seul réglage ; l'échelle qui peut, soit être très étendue, avec une graduation continue, soit avoir une amplitude plus faible, avec une plus grande précision ; la sensibilité et la précision très élevées ; et enfin le coefficient de température pratiquement négligeable.*

Introduction. — On a employé, au cours de ces dernières années, diverses méthodes de zéro pour la mesure des fréquences électriques, la plupart d'entre elles étant basées sur l'équilibrage d'une capacité par une self-inductance et une résistance. La nécessité d'employer un condensateur introduit des difficultés du fait du coefficient de température et majore le prix du dispositif ; en outre, la plupart de ces méthodes exigent un double réglage, d'où une perte de temps, gênante dans le cas de mesures rapides. Dans son fréquencemètre, l'auteur évite ces difficultés par un procédé nouveau d'équilibrage d'inductances mutuelles par des résistances seules (2).

Théorie de la méthode. — La figure 1 donne le schéma du montage électrique : la source de courant alternatif A, est reliée à une résistance fixe r, et à deux inductances mutuelles M_1 et

(1) Traduction d'un article paru dans le *Journal of scientific instr.* : sept. 1925.

(2) A. Campbell, Proc. Phys. Soc., XXXVII, févr. 1925, 97; Proc. Roy. Soc. A 107, 1925, 310.

Digitized by Google

M_1. G est un appareil de détection : galvanomètre à vibrations pour les fréquences audibles inférieures, et téléphone pour les fréquences élevées. Les enroulements secondaires de M_1 et M_2 sont connectés ensemble par l'intermédiaire d'une résistance additionnelle, de manière à former une boucle de résistance totale R et de self inductance L, dont une portion s, fait partie du circuit de l'appareil détecteur.

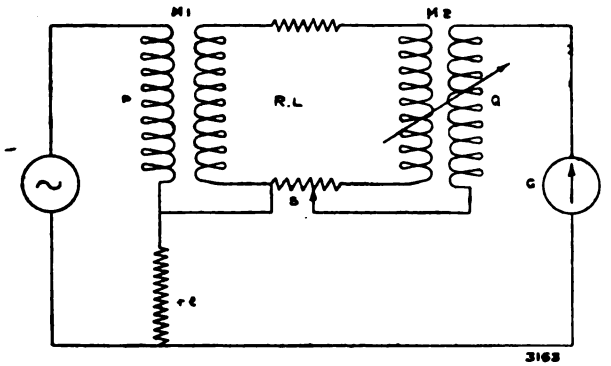


Fig. 1.

Soient i la valeur instantanée de l'intensité du courant fourni par la source, i_2 celle de l'intensité dans la boucle L, R. Lorsque l'équilibre est établi, aucun courant ne passe dans le galvanomètre, ou le téléphone. Si l'on représente par $\omega = 2\pi n$ la pulsation, n étant la fréquence de la source, et par $j = \sqrt{-1}$, on a, dans la boucle L, R :

$$M_1 . j . \omega . i = (R + L . j . \omega) i_2,$$

et dans le circuit du téléphone :

$$r . i = (s - M_2 . j . \omega) i_2 ;$$

d'où :

$$M_1 . j . \omega (s - M_2 . j . \omega) = r (R + L . j . \omega),$$

ou

$$(M_1 . s - L . r) j . \omega + M_1 . M_2 . \omega^2 = R . r.$$

En séparant les termes réels des termes imaginaires, il vient :

$$M_1 . M_2 . \omega^2 = R . r, \qquad (1)$$

et

$$M_1 . s = L . r. \qquad (2)$$

Digitized by Google

La condition (2) peut être vérifiée de façon permanente en fixant, pour M_1, r, L, et S, des valeurs convenables, puisque la fréquence ne rentre pas dans cette expression. Il en résulte que l'équilibre s'obtiendra, pour une fréquence donnée, en réglant uniquement la valeur de l'inductance mutuelle variable M_2, de manière à ce que la condition (1) se trouve vérifiée. Pour faire une lecture, il suffit donc d'effectuer *un seul réglage*, et c'est là un point important lorsque la fréquence varie. A ce point de vue, cet appareil est supérieur à la plupart des méthodes anciennes (telle que la méthode du pont à capacité et inductance mutuelle pour la mesure des fréquences, de l'auteur) qui nécessitaient en général deux réglages.

Lorsque l'équilibre est atteint, on a :

$$n = \frac{\sqrt{R.r}}{2\pi\sqrt{M_1.M_2}} = \frac{a}{\sqrt{M_2}}, \qquad (3)$$

expression dans laquelle a est une constante ; l'échelle divisée liée à M_2 peut être graduée directement en fréquences. On peut, sans modifier la condition (2), faire varier R de manière à changer à volonté le facteur de proportionnalité a.

Cette simple modification de la résistance R constitue un moyen facile de réaliser toute une série d'échelles de fréquences chevauchant les unes sur les autres, avec correction de l'effet de la température, lorsqu'il y a lieu.

Description de l'appareil. — La figure 2 représente le fréquencemètre, tel qu'il est construit par la Cambridge instrument c°. La figure 3 donne une coupe schématique de l'arrangement des deux inductances mutuelles, qui constituent la partie principale de l'appareil. L'inductance mutuelle fixe M_1, est constituée par des bobines D, disposées sensiblement dans un plan vertical, mais que l'on peut faire tourner légèrement autour de l'axe FG à l'aide d'une vis commandée par le bouton moleté C. L'inductance variable M_2, est analogue à l'élément que l'on peut faire varier de façon continue, dans les inductomètres de l'auteur. Une paire de bobines plates H, fixées horizontalement, portent les enroulements primaires. L'enroulement secondaire, également

Digitized by Google

porté par une bobine plate K, peut tourner autour de l'axe vertical J, entre les deux bobines H, de telle sorte que la valeur de l'induction mutuelle varie d'une façon continue. L'axe vertical J est solidaire de l'index P qui se déplace sur l'échelle S, dont la graduation permet de lire les fréquences.

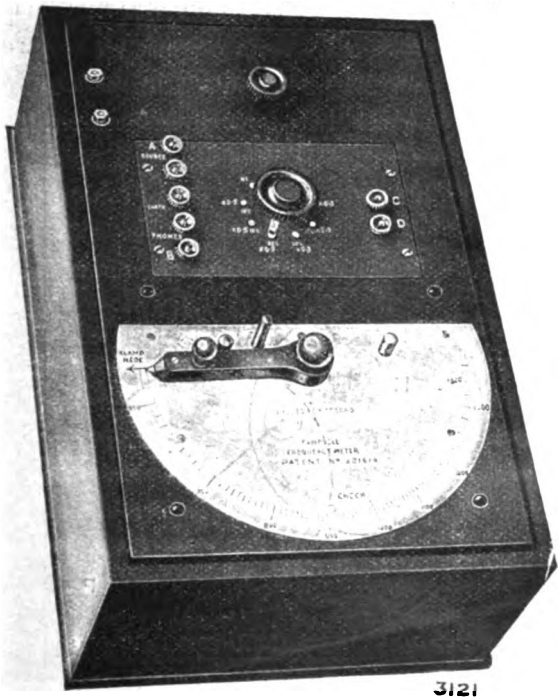


Fig. 2.

On a admis, dans la théorie de l'appareil, que l'induction mutuelle directe entre les bobines primaires et secondaires de M_1 et de M_2 est nulle. Pour réaliser cette condition, la bobine D occupe normalement une position conjuguée de celle des bobines H (c'est-à-dire une position pour laquelle l'induction mutuelle est nulle) ; toutefois, pour corriger l'influence de champs parasites ou d'autres effets perturbateurs (voy. *Proc. Phys. Soc.*, loc. cit.) on peut, à l'aide de la vis mentionnée plus haut, incliner légèrement la bobine D de manière à introduire une induction mutuelle faible entre les primaires. Lorsque, dans une mesure quelconque,

Digitized by Google

on trouve que l'équilibrage cherché n'est pas parfaitement net, on peut toujours y remédier en agissant très légèrement sur le bouton moleté.

Un écran électrostatique très efficace est relié au point où la source et le détecteur sont connectés à r (fig. 1). Pour obtenir la précision maximum, ce point doit être mis à la terre. S'il y a un inconvénient à mettre à la terre l'une ou l'autre borne de

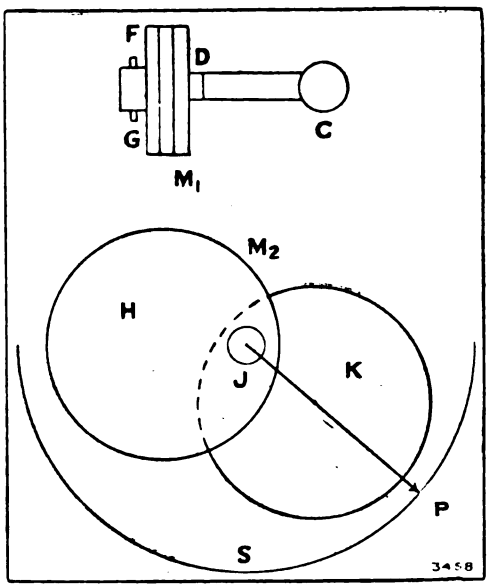


Fig. 3.

la source, il vaut mieux introduire un transformateur entre l'appareil et la source, de manière à ce que le point voulu puisse être mis à la terre.

Grâce à une construction soignée de l'inductance variable M_2, la précision des lectures, en tous les points de l'échelle, atteint au moins $0^{mm},25$ pour une variation de la fréquence d'un millième de sa valeur. On peut voir sur la figure 2 que les divisions sont plus espacées dans la région de l'échelle graduée correspondant aux fréquences faibles que dans celle des fréquences élevées, afin que la sensibilité soit sensiblement constante dans toute l'étendue de l'échelle.

Digitized by Google

La graduation permet de lire directement la fréquence n dans la région centrale allant de 600 à 1.400 p.p.s. environ. (Si l'on veut, elle peut du reste donner les valeurs de la pulsation ω à la place de la fréquence n.)

Par la rotation du bouton central (qui agit sur la valeur de R), on peut avoir à sa disposition cinq échelles de fréquences différentes, chevauchant les unes les autres, correspondant à des facteurs de proportionnalité de la graduation de 0,3, 0,5, 1, 2 et 3, avec, pour limites extrêmes, 180 et 4.000 p.p.s. environ.

Coefficient de température. — La résistance R qui détermine le facteur de proportionnalité employé, comprend les enroulements secondaires en cuivre des inductances mutuelles M_1 et M_2, et varie par suite légèrement avec la température ; mais le coefficient de température est négligeable, sauf pour les basses fréquences, et il est très petit dans toute l'échelle des plus basses fréquences. Pour en tenir compte, des plots spéciaux sont prévus pour les deux échelles correspondant aux plus basses fréquences ; ils permettent de réaliser des réglages différents pour 10, 15 et 20 degrés centigrades.

Précision. — Des essais faits de 600 à 3.000 p.p.s. ont donné une précision égale ou supérieure au millième pour toutes les fréquences.

Échelles de basses fréquences. — Entre 300 et 4.000 p.p.s., on emploie un récepteur téléphonique comme appareil détecteur. Mais le même appareil peut être utilisé avec un galvanomètre à vibrations et avoir également toute une série d'échelles de basses fréquences. Il suffit pour cela de faire varier r et s dans le même rapport, de façon à ne pas modifier la condition (2) ; les échelles de fréquences ainsi réalisées vont de 18 à 400 p.p.s., avec une précision analogue à celle des échelles de fréquences plus élevées.

Remarques générales. — Tout en ne consommant qu'une très petite quantité d'énergie, cet appareil a une sensibilité très satisfaisante dans la totalité de son échelle si étendue ; aussi

Digitized by Google

convient-il parfaitement pour l'emploi avec une source d'énergie de faible puissance, telle qu'un générateur à lampes. Le fréquencemètre peut rester relié à la source de façon permanente. Lorsqu'on ne dispose que d'une très petite quantité d'énergie, le procédé suivant permet souvent de faire des lectures d'une précision remarquable : il suffit de déplacer l'index de part et d'autre de la région de silence, en réglant les déplacements de façon à obtenir la même intensité dans chacune des positions; dans ces conditions, la moyenne des lectures correspondant aux deux positions donne la valeur cherchée. Pour faire des mesures de ce genre, un appareil ayant une échelle très étendue et continue est bien supérieur à ceux dans lesquels le réglage se fait par plots, qui donnent une variation discontinue.

Appareils avec échelles de peu d'étendue. — L'appareil à échelle très étendue décrit ci-dessus convient dans la plupart des cas; mais il est facile d'établir suivant le même principe un type d'appareil muni d'une échelle à divisions extrêmement espacées, donnant des mesures de très grande précision entre des limites rapprochées, au voisinage d'un certain nombre de fréquences déterminées (par exemple de 400, 800, 1.000, 1.200 p.p.s.).

Influence des harmoniques. — Lorsque la source d'énergie alternative utilisée n'est pas pure, les harmoniques peuvent gêner pour réaliser l'équilibre, surtout si l'observateur n'a pas une oreille douée pour la musique. Cette difficulté se rencontre avec tous les fréquencemètres basés sur une méthode de zéro; mais un peu d'entraînement permet à la plupart des observateurs d'apprendre à laisser de côté les harmoniques. Cette difficulté ne se présente pas aux basses fréquences, le récepteur téléphonique étant remplacé par un galvanomètre à vibrations.

Bobine de contrôle. — L'appareil renferme une inductance mutuelle fixe qui permet à tout moment de contrôler l'inductance mutuelle M_2 de valeur variable.

Digitized by Google

HISTORIQUE DES PILES FÉRY

A DÉPOLARISATION PAR L'AIR

employées au bureau télégraphique d'Epernay,

Par A. MOURLAM,
Mécanicien principal des P. T. T..

Chargé par le Service d'études et de recherches techniques des P. T. T. de suivre le fonctionnement des piles Féry installées au bureau télégraphique d'Epernay, j'ai pu constater, depuis le 31 mars 1920 jusqu'à ce jour, que ces piles donnaient un résultat qui méritait d'être signalé ici, résultat remarquable tant par le rendement régulier au point de vue de la fourniture du courant alimentant les appareils télégraphiques du bureau, que par l'économie réalisée en ce qui concerne le matériel et la main d'œuvre employés.

Dans un article paru dans les *Annales des P. T. T.*, en juin 1922, M. Reynaud-Bonin, ingénieur en chef, a donné des détails sur le nombre d'appareils et de lignes télégraphiques utilisés à Epernay, ainsi que sur la composition du type de pile employé. Je me bornerai donc à faire l'historique de ces piles dans les tableaux ci-joints.

Trois batteries, de 61 éléments chacune, assurent le service. Deux de ces batteries fonctionnent depuis le 31 mars 1920; la troisième, depuis le 20 mars 1923.

Une batterie travaille en positif, une autre en négatif; la troisième est en attente, comme pile de secours (1).

---

(1) En 1920, comme on ne connaissait pas encore la valeur de la pile Féry, on avait cru prudent de conserver une pile de secours du type dépolarisé au manganèse. Les résultats obtenus de 1920 à 1923 ont été si décisifs qu'il n'y avait aucune raison de ne pas monter la pile de secours en éléments Féry.

Digitized by Google

BATTERIE N° 1.

En service du 31 mars 1920 au 1er juillet 1923.
En instance de réfection du 1er juillet au 15 octobre 1923 par suite d'usure des zincs et besoin de renouvellement du liquide excitateur.
Réfectionnée le 15 octobre 1923, devient batterie de secours du 15 octobre 1923 au 8 octobre 1925.
En service depuis le 8 octobre 1925.

Incidents :

Remis dissolution dans les vases le 12 octobre 1925.
Le 23 octobre 1925, trouvé 2 vases cassés sans qu'il y eût interruption de service. Ces vases ont été remplacés.

Matériel employé :

61 éléments complets,
61 zincs pour la réfection,
12 kilos de chlorhydrate d'ammoniaque,
2 vases en verre.

Main-d'œuvre employée :

Montage de la batterie neuve :	16 heures.
Réfection de la batterie :	30 —
Divers, *entretien pendant 5 ans* :	3 —
Total.....	49 heures.

BATTERIE N° 2.

En service du 31 mars 1920 au 20 mars 1923.
En instance de réfection du 20 mars au 25 juin 1923 par suite d'usure des zincs et besoin de renouvellement du liquide excitateur.
Réfectionnée le 25 juin 1923.
Remise en service le 1er juillet 1923, jusqu'au 18 octobre 1925.
Réfectionnée le 25 octobre 1925, devient batterie de secours le 27 octobre 1925.

Incidents :

Pendant la période du 1er juillet 1923 au 18 octobre 1925, un agent inexpérimenté a changé 5 éléments qui lui paraissaient mauvais : pour 2 éléments, il a remplacé les charbons et les zincs ; pour les 3 autres, il a remplacé les zincs seulement.
A la réfection du 25 octobre 1925, 4 charbons hors d'usage ont été remplacés.

Matériel employé :

61 éléments complets,
6 charbons,
127 zincs,
24 kilos de chlorhydrate d'ammoniaque.

Main-d'œuvre employée :

Montage de la batterie neuve :	16 heures.
Réfection de la batterie :	60 —
Divers, *entretien pendant 5 ans :*	3 —
Total.....	79 heures.

BATTERIE N° 3.

En service du 20 mars 1923 au 8 octobre 1925.
En instance de réfection du 8 au 18 octobre 1925 par suite du besoin de renouvellement du liquide excitateur.
Réfectionnée le 18 octobre 1925
Remise en service le 18 octobre 1925.

Incidents :

A la réfection du 18 octobre 1925, 3 charbons hors d'usage ont été remplacés.

Matériel employé :

61 éléments complets,
61 zincs,
3 charbons,
12 kilos de chlorhydrate d'ammoniaque.

Main-d'œuvre employée :

Montage de la batterie neuve :	16 heures.
Réfection de la batterie :	30 —
Entretien pendant 2 ans 1/2 :	0 —
Total.....	46 heures.

Digitized by Google

Observations. — La réfection des batteries comprend :

1° le nettoyage des vases en verre et des charbons,

2° le remplacement des zincs et de la solution.

Il est à remarquer que les réfections des batteries n°s 3 et 2 ont été effectuées en octobre, *préventivement*, en raison du trafic élevé à cette époque de l'année (vendanges). A la date ci-dessus, les zincs étaient encore en bon état et pesaient en moyenne 70 grammes. On avait craint que les cristaux ne fussent trop abondants dans le liquide excitateur.

Les trois batteries sont restées en parfait état ; elles mesurent, le 13 novembre 1925 :

BATTERIE N° 1.	BATTERIE N° 2.	BATTERIE N° 3.
Force électro-motrice : 60^{V} ; Résistance intérieure : $39^{O},6$.	Force électro-motrice : 76^{V} ; Résistance intérieure : $25^{O},7$.	Force électro-motrice : 57^{V} ; Résistance intérieure : $29^{O},5$.

Aucune interruption de trafic, provenant des sources du courant, n'a eu lieu du 31 mars 1920 au 14 novembre 1925.

Nota. — Il y a lieu certainement d'attribuer de l'importance, pour le bon fonctionnement et la conservation des piles Féry, à l'activité déployée par le service des mesures. Dès que les dérangements de lignes télégraphiques (pertes ou mélanges, 3 à 4 par mois) sont signalés, ils sont relevés avec toute la célérité désirable, en une demi-journée seulement ; or nous savons que, lorsqu'une ligne télégraphique est affectée d'une perte à la terre, le trafic peut néanmoins continuer, mais au détriment de la pile, car son débit est à ce moment plus élevé qu'en fonctionnement normal.

Digitized by Google

TIMBRES-POSTE DES ARTS DÉCORATIFS.

Timbre Schmied et timbre Rapin.

L'un des timbres-poste de 75 centimes, émis à l'occasion de l'exposition internationale des Arts décoratifs et industriels modernes, représente un flambeau. La signification symbolique du sujet est simple et évidente ; cette exposition a projeté en effet quelque lumière ; pour la première fois, l'on a vu l'association étroite, pour l'organisation d'ensembles harmonieux, des artistes et des constructeurs et le groupement des affinités régionales montrant la diversité caractéristique de nos provinces.

Ce timbre est dû à M. Schmied.

M. **Schmied** (François-Louis) est né à Genève le 8 novembre 1873. Ancien élève de l'École des beaux-arts de Genève, arrivé à Paris en 1888, membre sociétaire de l'Association nationale des beaux-arts, membre du comité de la Société des artistes décorateurs, hors concours, membre du jury, à l'exposition des Arts décoratifs modernes de 1925, médaillé militaire, croix de guerre avec deux palmes, chevalier de la légion d'honneur, blessé de guerre, engagé volontaire.

M. Schmied a commencé sa carrière de graveur par de grandes estampes en couleur gravées sur bois, qu'il tirait lui-même sur des presses à bras. Il fut pressenti par la société du Livre contemporain, dont M. Barthou est le président, et appelé à graver et à imprimer le *Livre de la jungle* dont les compositions sont de Paul Jouve. Cette publication a eu un grand succès.

Depuis, il s'est consacré au livre à la fois comme peintre, graveur sur bois et imprimeur (il a un atelier de gravure et un atelier d'imprimerie). Il a exécuté les figures des livres suivants, qui sont de haute bibliophilie : *Les climats*, de Mme de Noailles; *Les chansons de Bilitis*, de Pierre Louÿs ; *Daphné*, d'Alfred de

Digitized by Google

Vigny; deux contes orientaux, dont l'un inédit, du docteur Mardrus.

M. Schmied a été appelé, par diverses personnalités connaissant ce qu'il avait fait dans le livre, à exécuter le timbre de l'exposition des arts décorarifs.

Il l'a exécuté précisément au moment où il était tout occupé de *Daphné*. L'esprit profond et philosophique d'Alfred de Vigny aurait risqué d'être trahi par des images d'un réalisme indiscret. Aussi M. Schmied a-t-il cherché à orner cette œuvre plutôt qu'à l'illustrer.

Le timbre du « Flambeau » est, lui aussi, une œuvre, sinon abstraite, du moins décorative. M. Schmied se plaît à citer ce passage des *dialogues* de Platon, sur le plaisir.

« Σχημάτων τε γὰρ κάλλος οὐχ ὅπερ ἂν ὑπολάβοιεν οἱ πολλοὶ πετρῶμα νῦν λέγειν, οἷον ζῴων ἢ τινων ζωγραφημάτων, ἀλλ' εὐθύ τι λέγω, φησὶν ὁ λόγος, καὶ περιφερὲς καὶ ἀπὸ τούτων δὴ τάτε τοῖς τόρνοις γιγνόμενα ἐπίπεδά τε καὶ στερεὰ καὶ τὰ τοῖς κανόσι καὶ γωνίαις, εἴ μου μανθάνεις. — Le raisonnement montre, en effet, que la beauté « des formes » n'est pas, comme beaucoup le prétendraient aujourd'hui, une reproduction en pierre, par exemple, d'animaux ou d'êtres représentés d'après nature, mais, comme je le dis, la droite et la circonférence et les plans et volumes que l'on obtient avec celle-ci à l'aide de compas et encore les figures construites avec règles et équerres; tu me comprends bien. » (Platon, *Philèbe*, 51 — C; nous devons le texte grec et la traduction fidèle à l'obligeance de MM. Lévy-Wogue et Roussel).

La beauté qui imite la nature excite notre sensibilité, mais il y en a une autre qui s'adresse à l'intelligence capable de comprendre.

Dans la traduction un peu lâche de Victor Cousin, Socrate ajoute les explications suivantes : « Car je soutiens que ces figures ne sont point comme les autres, belles relativement, mais qu'elles sont toujours belles par elles-mêmes et de leur nature, qu'elles procurent certains plaisirs qui leur sont propres et n'ont rien de commun avec les plaisirs produits par le chatouillement. J'en dis autant des couleurs qui sont belles de cette beauté absolue et des plaisirs qui leur sont attachés. »

Digitized by Google

M. Schmied, étant à la fois peintre et graveur, a exécuté lui-même lui-même la gravure de son timbre.

Nous espérons que ces explications permettront à ceux qui ont regardé ce timbre d'un œil distrait de porter sur lui un jugement équitable. Le rayonnement qu'il émet est bien conforme aux idées de son auteur.

Ce timbre à 75 centimes est imprimé sur papier blanc en deux teintes de bleu, qui permettent d'exprimer les jeux de lumière. Il porte en tête l'inscription « Exposition internationale » en réserve sur fond noir constrastant avec le ciel illuminé, et en pied la mention « Arts décoratifs modernes » en bleu foncé sur blanc se détachant du fond obscur. A gauche et à droite, dans des cartouches de grande lisibilité, le chiffre 75 et l'indication « France, Postes ». De part et d'autre du flambeau, une lettre du monogramme RF en teinte atténuée. Au-dessous, de même, « Paris 1925 ».

Voilà qui nous change de la banalité du génie antique tenant un flambeau. Le timbre est à la fois décoratif et moderne.

*
* *

Lorsque M. **Rapin** fut invité par M. Carnot et le comité à dessiner un des timbres-poste des Arts décoratifs, il lui était indiqué de choisir un sujet qui fût une synthèse de tous les arts décoratifs modernes. Mais un tel programme était trop vaste, aussi l'artiste estima-t-il préférable de réserver une vignette spéciale à chaque art en particulier : les diverses coupures auraient été consacrées à l'architecture, à la sculpture, à l'ameublement, etc... Il conserva pour lui le sujet qui pouvait paraître le plus ingrat : l'architecture ; en déposant son dessin, il exposait ses idées, et il croyait alors que les autres timbres auraient formé par leur ensemble la glorification des divers arts auxquels chacun aurait été consacré. Mais il se trouva que cette coordination ne put se faire. Or, conformément à son idée, M. Rapin avait porté dans le cartouche inférieur de son timbre le mot *architecture*, qui précisait la place que ce timbre devait avoir dans la collection. Du moment que ce mot ne trouvait pas de réplique

Digitized by Google

dans les autres sujets, il n'y avait qu'à supprimer l'indication, et c'est ainsi que la vignette comporte à son pied un grand blanc inutilisé, dont on s'explique difficilement la présence et qui n'a qu'une justification historique. Il n'était peut-être pas inutile de la donner ici.

Il s'agissait donc de représenter l'architecture parmi les arts décoratifs et industriels modernes ; le timbre donne un résumé exact et suggestif du rôle joué par les palais et les jardins à l'exposition. On distingue un grand escalier, l'un des hauts pavillons d'où les hauts parleurs nous ont déversé la musique, diverses constructions secondaires, une colonnade qui commémore la cour des métiers, des bosquets d'un côté, des arbres de l'autre, et des guirlandes de fleurs qui décorent les deux cartouches destinés à l'inscription de la valeur et du pays. En haut de deux rampes, quatre colonnes très trapues supportent le fronton, où l'on peut lire le titre de l'Exposition elle-même.

Pour notre part, nous regrettons l'aspect triste qui a été donné à ce timbre par le ton violet du fonds de tableau ; l'artiste avait prévu un bleu très lumineux ; on aurait pu ne pas adopter cette teinte, mais encore eût-il été sage d'en choisir une qui aurait tout au moins ménagé l'effet heureux du ciel clair.

L'on sait qu'une part appréciable du succès de cette très belle exposition est due à la collaboration et aux œuvres de M. Rapin, un initiateur et un maître, dont elle reflète les tendances et l'esprit.

J.-B. Pomey.

Digitized by Google

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Impédance caractéristique et affaiblissement kilométrique des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb (Conducteurs de $1^{mm},5$ et $2^{mm},5$ de diamètre) (1). — Des mesures ont été effectuées pour déterminer les caractéristiques de transmission de circuits téléphoniques non chargés, en câbles sous papier et sous plomb, constitués par des conducteurs de $1^{mm},5$ et $2^{mm},5$ de diamètre. Ces types de câbles sont utilisés pour constituer les amorces pour circuits interurbains.

Les valeurs données dans le tableau ci-joint ont été relevées sur des amorces de Strasbourg. Elles peuvent différer de celles que l'on mesurerait sur des câbles provenant d'une autre fabrication. Toutefois l'ordre de grandeur serait conservé.

Le tableau ci-joint indique, pour des fréquences variant de 400 en 400 :

le module Z_n de l'impédance caractéristique, exprimé en ohms,

l'argument φ_n de l'impédance caractéristique, exprimé en radians,

l'affaiblissement kilométrique β, exprimé en unités naturelles,

la constante kilométrique de longueur d'onde α, exprimée en unités naturelles,

des types suivants de circuits :

circuit combinant, en fils de $2^{mm},5$ de diamètre,

— combinant, — $1^{mm},5$ — ,

— combiné, — $1^{mm},5$ — .

---

(1) Note remise par MM. Collet et Chavasse, ingénieurs.

Digitized by Google

f	ω	*Circuit combinant.* Conducteurs de 2mm, 5 de diamètre. Impédance caractéristique Z_n	φ_n	Constantes kilométr. de propagation Affaiblissement β	Constante de longueur d'ondes α	*Circuit combinant.* Conducteurs de 1mm, 5 de diamètre. Impédance caractéristique Z_n	φ_n	Constantes kilométr. de propagation Affaiblissement β	Constante de longueur d'ondes α	*Circuit combiné.* Conducteurs de 1mm, 5 de diamètre. Impédance caractéristique Z_n	φ_n	Constantes kilométr. de propagation Affaiblissement β	Constante de longueur d'ondes α
		ohms	radians			ohms	radians			ohms	radians		
400	2513	265	— 0,666	0,0210	0,0210	502	— 0,732	0,0240	0,0276	288	— 0,710	0,0208	0,0248
800	5027	194	— 0,568	0,0327	0,0327	359	— 0,682	0,0309	0,0410	207	— 0,642	0,0270	0,0374
1200	7540	167	— 0,481	0,0443	0,0443	298	— 0,635	0,0354	0,0529	178	— 0,582	0,0306	0,0494
1600	10053	154	— 0,414	0,0543	0,0543	262	— 0,592	0,0382	0,0642	156	— 0,529	0,0329	0,0607
2000	12566	146	— 0,363	0,0676	0,0676	240	— 0,550	0,0402	0,0754	144	— 0,481	0,0345	0,0723
2400	15080	141	— 0,322	0,0797	0,0797	224	— 0,538	0,0413	0,0865	135	— 0,442	0,0359	0,0836
2700	16965	138	— 0,297	0,0886	0,0886	216	— 0,510	0,0415	0,0953	131	— 0,415	0,0367	0,0920
3000	18850	137	— 0,276	0,0979	0,0979	209	— 0,500	0,0414	0,1038	128	— 0,389	0,0372	0,1005

Digitized by Google

INFORMATIONS.

Un progrès dans l'outillage des monteurs. — On connaît les difficultés que l'on éprouve souvent pour poser dans les murs ou cloisons les vis de fixation des appareils muraux ; aussi paraît-il intéressant de signaler le procédé connu sous le nom de « Cheville Rawl », présenté récemment au Comité technique qui en a autorisé l'emploi par les Services de l'Administration des Postes et Télégraphes.

L'originalité du procédé consiste en ce que le tampon en bois

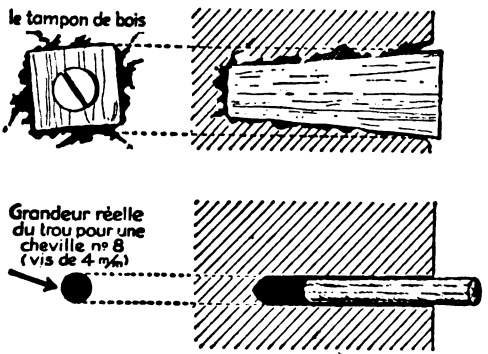


Fig. 1.

ou le scellement est remplacé par une cheville en jute, en forme de tube, à peine plus grosse que la vis à fixer.

Après avoir percé, au moyen d'une mèche de diamètre convenable, un trou cylindrique de diamètre égal à celui de la cheville, on y introduit la cheville, on place la pointe de la vis dans le centre et on visse.

En pénétrant dans la cheville la vis la comprime fortement contre les parois du trou et l'y incruste avec une force considérable ; en même temps qu'elle taraude dans le jute un pas de vis

Digitized by Google

exact qui permet de dévisser et revisser, autant de fois qu'on le veut, sans nuire à la solidité.

Les « Chevilles Rawl » sont rendues imputrescibles par un traitement chimique convenable ; une fois comprimées par la vis, elles sont à l'abri de toute détérioration.

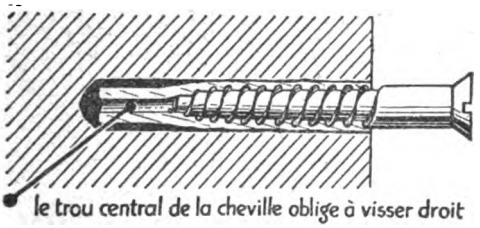


Fig. 2.

Ce système convient particulièrement pour la fixation des appareils, des tableaux, sonneries, réglettes, coupe-circuit, etc. ; la vis à bois la plus généralement employée dans ce cas a 4 mm. 1/2 de diamètre ; la cheville correspondante est la cheville n° 10.

Les applications de ce mode de fixation sont d'ailleurs nombreuses et l'on pourra l'employer utilement pour les montages exigeant la pose de vis ou de tirefonds dans les murs, sols ou plafond. Les « Chevilles Rawll » se font pour les diamètres de 2 mm. à 19 mm.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Principes généraux d'exploitation téléphonique, par H. Milon, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, *2e édition*. Paris, Léon Eyrolles, 1925. 1 vol. in-8° de 150 pages. — Prix : 12f,50.

La deuxième édition, qui vient de paraître, de cet ouvrage est la rédaction intégrale, faite par l'auteur lui-même, du cours d'exploitation téléphonique générale qu'il professe actuellement à l'École supérieure des P.T.T..

Les principes généraux dont il est nécessaire de ne pas s'écarter pour organiser l'exploitation d'un réseau téléphonique avec le double souci de la qualité du service fourni à la clientèle et du rendement financier sont établis et discutés méthodiquement. Et c'est cette discussion rationnelle, d'où découlent logiquement les meilleurs procédés d'exploitation à appliquer dans les différents cas, qui constitue l'intérêt fondamental de cet ouvrage unique dans la littérature de la technique téléphonique et auquel la compétence et la longue expérience de son auteur donnent une valeur de premier plan.

Après une étude des conditions dans lesquelles doit être établi un réseau téléphonique de lignes pour permettre de faire face, dans les conditions les plus économiques, et en même temps avec le maximum de souplesse, au développement du trafic et à l'accroissement de la clientèle, l'auteur expose les problèmes fondamentaux qui se posent à l'exploitant.

Tout d'abord, pour l'organisation du service téléphonique entre les abonnés d'une même ville, les caractéristiques du trafic à écouler sont chiffrées par des statistiques méthodiquement établies, puis le travail des téléphonistes est analysé et décomposé en ses éléments dont la durée est chiffrée, ce qui permet de déterminer les conditions de rendement les plus favorables à adopter. Il en résulte des données qui permettent d'étudier rationnellement le projet d'établis-

Digitized by Google

sement d'un bureau central, de déterminer sa composition, l'équipement à adopter, les dispositions à prendre en vue du développement du trafic, le personnel nécessaire, la charge du travail à lui imposer, l'importance des services spéciaux à installer dans le bureau, etc...

La question importante du recrutement, de l'instruction du personnel des téléphonistes et de son utilisation est exposée ainsi que les moyens permettant de faciliter son travail par des perfectionnements apportés à l'outillage et aux méthodes d'exploitation.

Les systèmes de téléphonie automatique sont aujourd'hui à l'ordre du jour et leur emploi pose des problèmes nouveaux. Le calcul du nombre de mécanismes à adopter est particulièrement important car il s'agit d'un matériel très coûteux. C'est là une étude délicate qui relève du calcul des probabilités. Des formules ont été établies qui permettent de déterminer ce nombre d'après l'importance du trafic à écouler (en minutes de conversation) à l'heure la plus chargée et suivant la qualité du service exigée, c'est-à-dire suivant la probabilité qu'un appel fait par un abonné à un moment quelconque soit immédiatement servi. Ces formules ont été traduites en courbes, qui sont utilisées dans la pratique pour établir les projets.

Les taxes téléphoniques, si elles sont fixées rationnellement, doivent être basées sur les prix de revient. Les éléments qui interviennent dans la détermination de ce prix de revient sont analysés en détail, avec chiffres à l'appui. Dans le cas d'un réseau urbain desservi par des bureaux centraux manuels, l'élément principal est la dépense en personnel, et le prix de revient de chaque communication dépend dans une faible mesure seulement de sa durée. Au contraire, avec l'outillage automatique, c'est le prix du matériel utilisé qui domine et la durée intervient alors d'une façon notable.

Pour ce qui concerne l'exploitation des circuits interurbains employés pour l'établissement des communications entre les différentes localités, à mesure que la distance augmente, la valeur du matériel entrant en jeu devient de plus en plus grande et les frais du personnel peuvent être négligés vis-à-vis de la rémunération du capital immobilisé. Aussi, toutes les méthodes d'exploitation interurbaine tendent-elles à obtenir une utilisation intensive des circuits,

Digitized by Google

utilisation taxée à la durée, et le rendement du personnel n'a plus alors qu'une importance secondaire, car c'est principalement la qualité de son travail qui doit être prise en considération.

Enfin l'établissement d'un plan technique bien étudié pour l'aménagement d'un réseau téléphonique interurbain est indispensable pour permettre, sans dépenses prohibitives, l'échange d'une conversation téléphonique de qualité commerciale entre deux abonnés quelconque du territoire d'un même État. Le réseau interurbain anglais, cité comme exemple, a été organisé méthodiquement dans ce but. Les conditions dans lesquelles s'est développé le réseau français n'ont pas toujours été les plus favorables à ce point de vue.

Tels sont les principaux points qui sont traités dans cet ouvrage d'une parfaite clarté et accessible à tous. Toutes les grandes questions d'exploitation y sont abordées et discutées et la valeur des méthodes adoptées se dégage tout naturellement de cette étude. Ce livre, d'une lecture facile et captivante, doit être lu par tous les spécialistes exploitant le téléphone et il intéressera d'une façon particulière les abonnés désireux de se mettre au courant des grands problèmes que pose la question de l'organisation rationnelle d'une exploitation technique aussi complexe que celle des grands réseaux téléphoniques.

La téléphonie automatique (description et fonctionnement des systèmes, notions d'exploitation automatique, applications aux réseaux des grandes villes, aux installations privées, et aux réseaux ruraux), à l'usage des techniciens et praticiens de la téléphonie et des agents des services d'exploitation, par J. Milhaud, ancien élève de l'École polytechnique. Préface de J.-B. Pomey, inspecteur général, directeur de l'École supérieure des Postes et Télégraphes. Paris, Dunod, 1925. — 1 vol. pet. in-8° de xiv+344 pages, avec 199 figures.

La téléphonie automatique a déjà une littérature assez développée : en premier lieu, nous devons citer les ouvrages de M. Milon, directeur de l'Exploitation téléphonique, et de M. Reynaud-Bonin, ingénieur en chef, qui représentent l'enseignement donné à l'École supérieure des Postes et Télégraphes et doivent, à

Digitized by Google

ce titre, être considérés comme une initiation à cette technique nouvelle. La publication de M. Cornet, également ingénieur en chef des Télégraphes, est excellente au point de vue des principes généraux, mais elle est un peu trop sommaire et vise des systèmes anciens.

Un grand nombre d'études de détail ont paru dans les diverses revues de langue française ou étrangère. En particulier, le Bulletin de l'Autonomic Telephone Company de Chicago est un modèle ; celui que vient d'inaugurer la compagnie Ericsson promet d'être extrêmement intéressant et utile. A l'étranger, on trouve des traités fort complets comme celui d'Aitken, ou des monographies très remarquables comme celle que Harrisson a consacrée au système Strowger. Citons aussi le livre de Lübberger, paru en 1924, intitulé : « Fernsprechanlagen mit Wählerbetrieb », qui décrit rapidement les divers systèmes, mais insiste sur celui de Siemens et Halske. Le journal allemand Telegraphen und Fernsprechtechnik est également une mine de renseignements. Mais, en somme, il manquait en France un ouvrage d'ensemble qui s'adressât à la fois aux élèves qui ont à apprendre les principes fondamentaux, aux fonctionnaires de l'exploitation qui ont besoin de se rendre compte du fonctionnement des outils utilisés par eux, aux agents mécaniciens qui ont la charge de l'entretien, aux inventeurs de tout grade qui auront la noble émulation de perfectionner ces étonnantes créations de la civilisation moderne, où l'homme communique à la matière inerte le don de prévoir, de choisir et de se souvenir, et, enfin, à tous les curieux qui, dans ce siècle de lumière, deviennent de plus en plus difficiles à satisfaire, puisque, simples amateurs, ils rivalisent, souvent avec succès, avec les professionnels, comme le prouve si bien la télégraphie sans fil.

Cet exposé d'ensemble, M. J. Milhaud l'offre aujourd'hui au public. Fils d'un philosophe universellement connu et estimé, il possède l'esprit philosophique nécessaire à ces œuvres de classement et d'exposition ; ancien élève de l'École polytechnique, il sait donner une forme précise et rigoureuse à l'enchaînement des problèmes techniques dont il faut donner la solution ; ingénieur dans une de nos grandes sociétés industrielles, il ne perd pas de vue les réalités et les conséquences économiques, les possibilités de la construction,

Digitized by Google

les facilités opératives. Il a d'ailleurs écrit des articles fort appréciés sur la téléphonie dans la *Revue des Téléphones, Télégraphes et T.S.F.* Il a consacré plusieurs années à la gestation de ce livre. Il a compulsé à peu près tout ce qui s'est publié sur le sujet, comme en fait foi l'importante bibliographie qui termine le volume; il a interrogé les fabricants, il a profité de nombreuses indications encore inédites; il s'est rendu en Angleterre pour voir de près les systèmes anglais. Son travail a donc été favorisé de renseignements parfaitement à jour. Bien plus, il se propose de ne pas perdre de vue le progrès incessant qu'on voit et de continuer à tenir au courant le tableau qu'il trace de la téléphonie automatique, si, comme il y a lieu de l'espérer, la faveur du public l'oblige bientôt à présenter une nouvelle édition. On sait, d'ailleurs, par l'exemple de maints ouvrages, comme l'Algèbre supérieure de Serret, que les éditions successives d'un ouvrage de science ont chacune leur valeur propre et leur cachet particulier.

Tel qu'il est, le traité de M. Milhaud se recommande par certains caractères : l'auteur expose d'abord les idées générales; il n'entre dans le détail que pour les systèmes qui ont reçu la consécration de la pratique et bénéficient, en France, d'une application plus ou moins étendue; le système Strowger, le système à relais, celui de la Western electric Company, celui d'Ericsson. Après chaque description, il note l'application qui a été faite. On se trouve ainsi à même de lire, après l'exposé de chaque invention, la monographie d'une installation française basée sur le système qui vient d'être décrit.

Un chapitre est consacré aux lois de probabilité qui permettent de déterminer, dans chaque cas, le nombre des organes; l'auteur donne les formules et les courbes sans entrer dans les calculs mathématiques qui ne s'adresseraient qu'aux spécialistes de ces questions difficiles.

On sait les problèmes délicats que soulève l'application aux grands réseaux; le lecteur verra comment s'opèrent les liaisons entre bureau automatique et bureau à l'exploitation manuelle ; il est indispensable d'envisager ces liaisons pour la période, forcément de longue durée, où les deux modes de fonctionnement coexistent

Digitized by Google

dans une même région téléphonique; le procédé d'exploitation en tandem est pris aussi en considération.

Les techniciens s'intéresseront aux automatiques privés qui constituent un excellent champ d'expérience pour les novateurs.

L'auteur décrit encore les systèmes d'automatiques ruraux; le plus bel avenir leur est promis; l'administration les a multipliés dans la région de Rouen : d'ailleurs, ils ont reçu déjà un grand développement non seulement aux États-Unis, mais encore en Angleterre et en Allemagne.

L'ouvrage est naturellement illustré de nombreux dessins; ils sont nécessaires à l'intelligence du texte, mais on remarquera, en outre, qu'il est orné de photographies. Ces documents sont indispensables à tous ceux qui ne peuvent se rendre sur place pour visiter les installations et qui ont besoin de se fixer les idées. L'auteur a complété ses descriptions par une statistique de toutes les installations automatiques existant dans le monde entier, en indiquant le champ d'application de chacune d'elles.

Enfin la méthode d'exposition suivie par M. J. Milhaud est excellente et de tout point recommandable : à chaque stade du fonctionnement, il montre, par un croquis, le circuit en cause et l'électro-aimant qui est actionné. Cette action a de multiples conséquences simultanées qui sont décrites séparément avec l'aide d'un croquis spécial pour chacune d'elles. Il évite l'emploi de ces diagrammes trop complexes et presque illisibles, où l'on a tant de peine à suivre la marche du courant dans tous ses méandres; dans cette poursuite, parfois un peu décevante, l'esprit perd de vue le point essentiel, qui seul importe. Ici, l'auteur vous épargne la peine, en montrant chaque contact qui s'ouvre ou se ferme, chaque électro-aimant qui s'excite ou retombe au repos. On suit donc étape par étape la progression, dans toutes leurs conséquences plus ou moins lointaines, des impulsions initiales, comme dans ces meubles d'exercice et de démonstration où l'on place sur les divers circuits des boutons interrupteurs, dont le moniteur se sert pour arrêter à volonté la répercussion de chaque émission, successivement après chacune des actions qu'elle doit provoquer; l'observateur est ainsi préservé du trouble causé par le départ simultané de plusieurs

Digitized by Google

organes qui se mettent en mouvement rapide pour l'accomplissement de fonctions variées et dont souvent les bonds instantanés défient tout effort d'attention.

La clarté et la méthode rendent ce livre facile à lire ; et nous sommes persuadés que le public lui fera un accueil empressé ; ceux-là même qui sont, par leurs fonctions, appelés à s'occuper d'un système particulier, se rendront compte de tout l'avantage qu'il y a à ne pas s'isoler dans l'étude de mécanismes et de systèmes spéciaux, attendu que les idées des inventeurs ont déjà réagi les unes sur les autres ; le directeur est fils de l'enregistreur, et puis, le mécanicien qui connaît plusieurs systèmes s'élève à un plus haut degré de la connaissance ; il peut comparer ; et c'est de la comparaison que pourra ressortir pour lui le bon côté comme le côté faible de l'installation qui le concerne.

Enfin l'on n'ignore pas les dépenses considérables que le gouvernement a décidé, actuellement, de consacrer au renouvellement de l'outillage téléphonique national ; on ne peut donc qu'être frappé de l'opportunité de la présente publication ; elle sera un merveilleux instrument de travail aux mains de tous ceux qui auront à collaborer à cette grande œuvre.

J.-B. Pomey.

Memento à l'usage des gradés et sapeurs du 8e régiment du génie, des téléphonistes et des radiotélégraphistes des régiments d'infanterie et d'artillerie. *4e édition.* Paris, Charles Lavauzelle et Cie, s.d. — Prix : 5 francs.

Nous signalons tout particulièrement à nos lecteurs cette petite brochure, rédigée sous la forme de *memento* ou d'*aide-mémoire*, très nourrie de schémas électriques simples et de conseils relatifs aux montages, très complète sur la description de tous les appareils d'usage courant, sur la recherche et la relève des dérangements, et sur la construction des lignes militaires.

Théorie générale sur les courants alternatifs, par M.-E. Pierret, ingénieur diplômé de l'Institut électrotechnique et de mécanique appliquée à Nancy, licencié ès sciences, ingénieur à

Digitized by Google

la Compagnie française Thomson-Houston. Préface par A. Mauduit, professeur d'électrotechnique à la faculté des sciences de Nancy. Fascicule II : Les Alternateurs. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1926. — 1 vol. in-8° de 144 pages avec figures. Prix : 30 francs.

Cet ouvrage, dont l'auteur a donné précédemment un premier fascicule consacré aux généralités sur les courants alternatifs, comprend une étude plus complète, quoique limitée aux notions fondamentales et pratiques, de la technique des machines et des réseaux alternatifs, savoir : généralités sur les courants alternatifs, alternateurs, transformateurs, moteurs synchrones et commutatrices, moteurs à champ tournant et moteurs monophasés et polyphasés à collecteurs, transport de l'énergie à distance par les courants alternatifs.

L'ensemble de cet ouvrage est présenté sous une forme aussi complète que possible, tout en restant simple et claire, ce qui permettra à tous ceux qui possèdent les bases élémentaires indispensables de l'électrotechnique de se former rapidement, et sans difficulté, une opinion précise sur le fonctionnement et la construction des alternateurs.

Les groupes électrogènes, par R. Bardin, ingénieur électricien (E.S.M.E.), diplômé de l'École supérieure d'aéronautique. Paris, Desforges, Girardot et Cie, 1926. — Un vol. gr. in-8°, de 130 pages avec 70 figures. — Prix : 15 francs.

Les groupes électrogènes, dont l'usage est particulièrement intéressant à la campagne, dans les exploitations agricoles et à bord des bateaux, demandent une conduite et un entretien rationnels. Lorsque le groupe moteur-dynamo est complété par une batterie d'accumulateurs qui assure l'éclairage pendant l'arrêt des machines, l'entretien de l'ensemble est nécessairement plus délicat.

Cet ouvrage permet précisément à toute personne, même ignorante de la techniqne mécanique et électrique, d'acquérir les notions propres à la meilleure utilisation des groupes électrogènes. En effet, il traite à fond du fonctionnement du moteur, de la dynamo et des accumulateurs ; du montage général des groupes électrogènes, de leur entretien, où le moteur, la dynamo et les

Digitized by Google

accumulateurs sont examinés séparément ; des causes de mauvais fonctionnement des machines et de l'installation électrique. Enfin des schémas de montage de lampes, moteur et tableau de distribution complètent cette étude.

Cet ouvrage s'adresse donc à tous ceux qui veulent acquérir les notions essentielles sur les groupes électrogènes et assurer la bonne marche de l'installation.

Les rhéostats et contrôleurs électriques (fonctionnement et schémas de montage), par R. BARDIN, ingénieur électricien (E.S.M.E.), diplômé de l'École supérieure d'aéronautique, Paris, Desforges, Girardot et Cie, 1926. gr. in-8° de 64 pages, avec 42 figures dont une hors texte. — Prix : 7 fr. 50.

Les rhéostats se rencontrent dans toutes les installations de machines électriques et jouent souvent un rôle très important dans leur fonctionnement. Leur rôle et leur montage sont variables suivant le genre de machine électrique et doivent être étudiés dans chaque cas particulier.

C'est précisément le but de cet ouvrage, qui examine, avec l'aide de nombreux schémas, le fonctionnement, le montage et l'emploi : des rhéostats de réglage et de démarrage pour machines à courant continu et alternatifs ; des contrôleurs et régulateurs pour traction électrique des tramways et chemins de fer ; des rhéostats démarreurs pour ascenseurs, treuils et ponts roulants.

Cet ouvrage s'adresse donc à tous ceux qui ont à installer, conduire ou entretenir les machines électriques utilisant ces divers genres de rhéostats, dont la connaissance leur permettra d'assurer le meilleur fonctionnement de l'installation.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

15e ANNEE. — N° 3. MARS 1926. PRIX : 4 fr. 50.

APR 19 1926

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS. Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Taffin, Directeur des Postes et Télégraphes ; Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires.

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

La machine à oblitérer Flier, par P. Mocquard, ingénieur des Postes et Télégraphes 193

La participation de l'Administration des P. T. T à l'exposition internationale de la houille blanche, par M. Pellenc, ingénieur des Postes et Télégraphes 201

L'exposition internationale de radiotélégraphie à Genève (septembre 1925), par P. Baize, ingénieur des Postes et Télégraphes 210

Procédé de télégraphie multiplex approprié à l'emploi du code Morse 223

Note au sujet du régulateur Doignon-Mendonça-d'Oliveira, par R. Dubois, ingénieur au laboratoire du Centre d'études de la Marine, à Toulon 243

La préparation télégraphique des communications téléphoniques et le rendement des grands circuits interurbains, par A. Boudinet, inspecteur de la direction des Services téléphoniques de Paris 250

Construction de galeries souterraines par injection de mortier, par J. Mailley, ingénieur des Postes et Télégraphes et J. Dijonneau, ingénieur des Arts et Manufactures 257

Sur l'emploi des mesures de capacité pour rechercher et localiser les ruptures de circuits, par V. Pons, rédacteur, élève à l'École supérieure des Postes et Télégraphes 266

Mesure absolue du temps de fonctionnement des relais au moyen du galvanomètre balistique, par S. Reybaud, sous-ingénieur des Postes et Télégraphes 270

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

LA MACHINE A OBLITÉRER FLIER,

Par P. MOCQUARD,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Cette machine se compose essentiellement de trois parties : le margeur, avec son séparateur, qui fait office de margeur automatique ;

le timbre, avec son déclanchement ;

le récepteur, avec son empileur, ou receveur automatique. Ces trois parties correspondent aux trois fonctions principales de toute machine à imprimer : la marge, l'impression, la recette.

Le margeur présente les lettres à oblitérer une à une au dispositif de prise, consistant en un laminoir qui les envoie vers le timbre.

Celui-ci, relié par un embrayage à un arbre en rotation permanente, est immobile jusqu'à ce que le passage d'une lettre actionne le déclanchement qui provoque le fonctionnement de l'embrayage. Le timbre fait un tour, durant lequel il oblitère la lettre ; puis, réenclanché automatiquement, il reste immobile jusqu'au passage de la lettre suivante.

Les lettres oblitérées arrivent au récepteur, où elles sont empilées mécaniquement.

Nous allons examiner plus en détail le fonctionnement de ces diverses parties de la machine.

Margeur. — Le paquet de lettres à oblitérer est placé verticalement sur la courroie horizontale 1 (fig. 2) entraînée de droite à gauche par deux rouleaux 2 et 3. La double molette 4, tournant dans le sens de la flèche, entraîne, par sa tranche munie de caoutchouc, la lettre placée le plus en arrière, qui

Digitized by Google

arrive ainsi au séparateur comprenant les molettes 5 et 6 à tranche de caoutchouc.

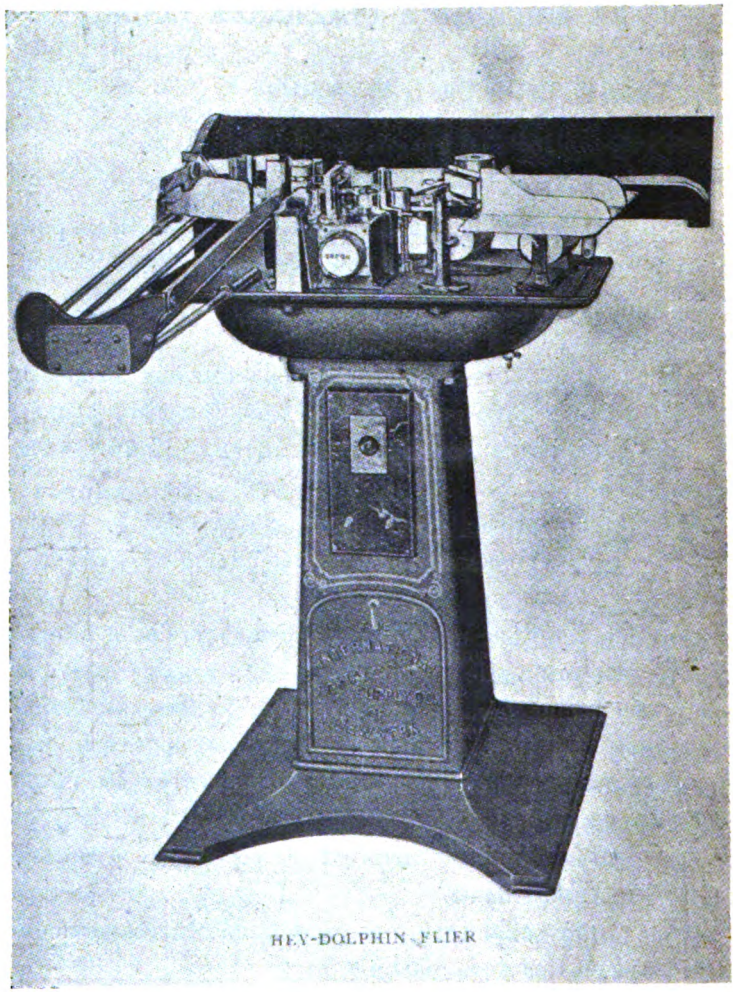


Fig. 1.

Réglage du séparateur. — Le réglage de l'écartement de ces deux molettes doit être tel qu'il permette seulement le passage de la lettre en contact avec la molette 5, les autres étant retenues jusqu'à la fin de ce passage. Il est donc recommandable

Digitized by Google

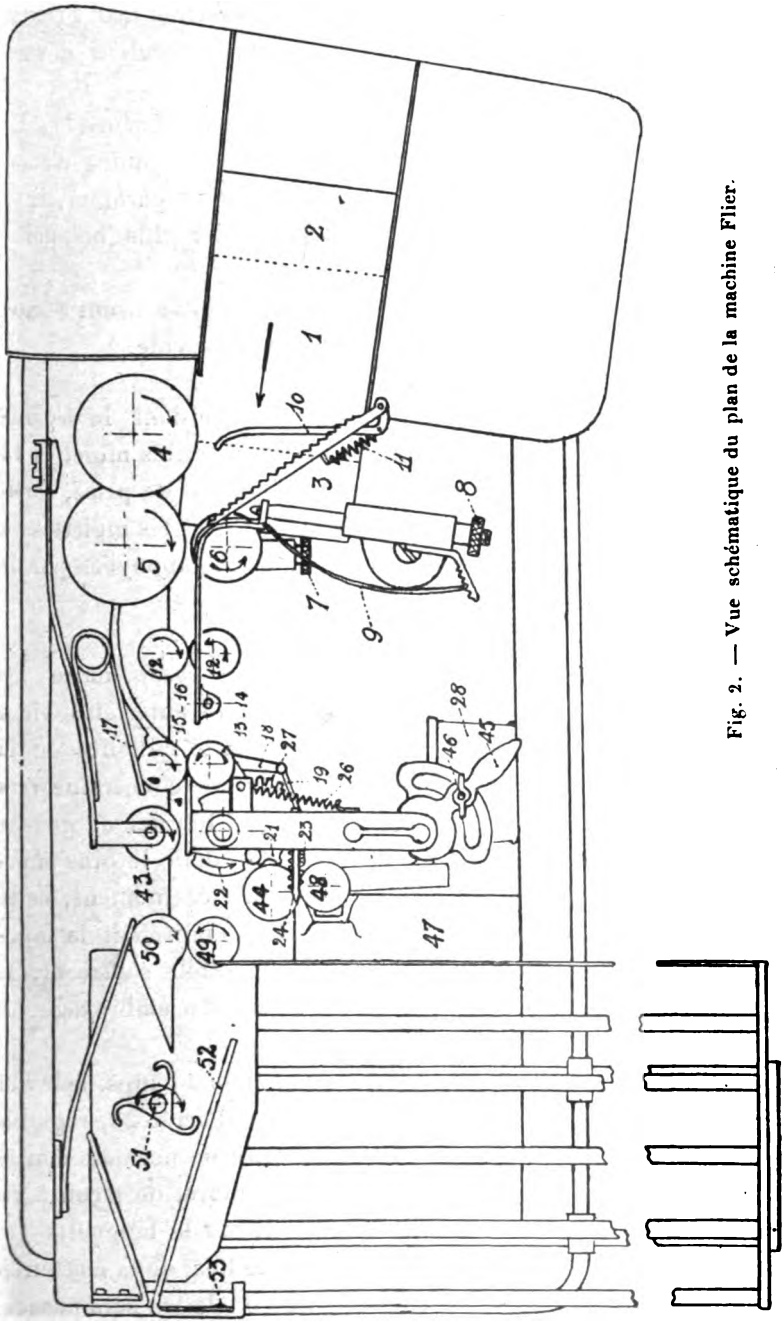


Fig. 2. — Vue schématique du plan de la machine Flier.

Digitized by Google

de ne ranger dans un même paquet que des lettres ayant sensiblement la même épaisseur, le réglage du séparateur devant être modifié suivant cette épaisseur.

Le bouton moleté 7 permet de régler suivant l'usure la saillie du caoutchouc de la molette 6 en dehors des guides d'acier adjacents. Quant au réglage de l'ensemble du séparateur, il se fait à l'aide de l'écrou 8, qui permet de bander plus ou moins le ressort 9.

Les pattes mobiles 10, avec leur ressort 11, servent à supporter les dernières lettres quand le margeur se vide.

Dispositif de prise. — Après leur passage dans le séparateur, les lettres sont entraînées par les deux petites molettes 12 (fig. 2) ; puis elles sont happées par le dispositif de prise, constitué par les molettes d'alimentation 13 et 14 et les molettes de pression du mécanisme déclancheur 15 et 16, appuyées par le ressort spiral 17.

Déclanchement. — Quand une lettre passe entre les molettes 13-14 et 15-16 (fig. 3), son extrémité antérieure vient frapper et déplacer vers la gauche l'extrémité saillante de la languette de déclanchement 18. Son bras inférieur entraîne vers la droite la bielle d'accouplement 19, qui fait tourner de gauche à droite le bras inférieur du levier d'arrêt 20, dont le bras supérieur porte la molette en étoile 21. Jusqu'à ce moment, cette molette en étoile calait le porte-timbre 22 et empêchait le fonctionnement de l'embrayage. La molette en étoile s'effaçant, le porte-timbre est libéré, mis en rotation par son embrayage, et produit l'impression sur la lettre qui passe.

Réenclanchement automatique. — En même temps, le levier d'arrêt 20, sous la tension de son ressort d'arrêt 23, réglable d'ailleurs par le crochet 24, revient à sa position normale contre la butée 25 et arrête la rotation du porte-timbre, de façon à ne lui permettre qu'un seul tour. L'extrémité de la languette 18, ayant été poussée à fond de course, glisse le long de la face antérieure de la lettre qui passe, et, dès que la lettre sera passée,

Digitized by Google

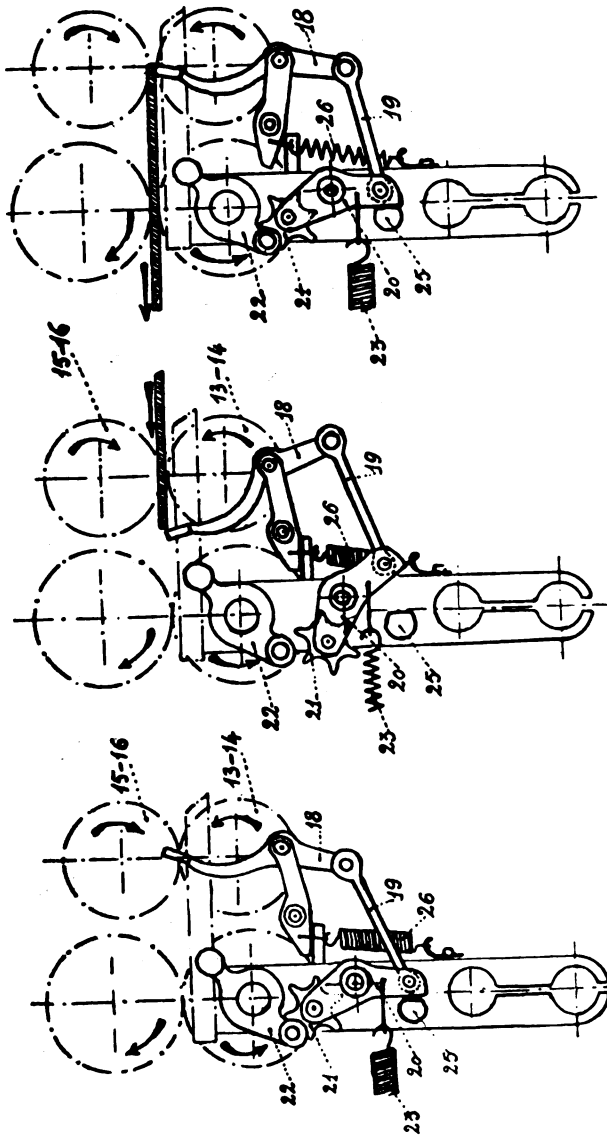


Fig. 3. — Fonctionnement du mécanisme déclancheur.

Digitized by Google

son ressort 26 la fera revenir sur le chemin de la lettre suivante. Tout le mécanisme est alors réenclanché et de nouveau prêt à fonctionner.

Compteur. — La rotation du porte-timbre, en même temps qu'elle produit l'impression, actionne par le pignon 27 (fig. 2) un compteur 28 indiquant le nombre de lettres oblitérées et pouvant marquer jusqu'à 10.000.000.

Porte-timbre. — Examinons maintenant le porte-timbre. Il est constitué (fig. 4) par un manchon 29 s'enfilant sur un axe 30 ; sur un secteur sont les barres d'oblitération 31, imprimant la flamme, et sur l'autre le timbre lui-même 32, entourant le porte-caractères 33.

Celui-ci présente deux rainures, fermées à un bout pour que les caractères ne puissent glisser au dehors ; le caractère des heures 34 est placé dans la rainure qui est entaillée sur un côté pour le logement du ressort 35 ; dans la seconde rainure, on introduit le caractère des jours, puis celui des mois. Le porte-caractères est maintenu en place par le ressort 35.

Pour changer les caractères, il faut enlever le porte-caractères. A cet effet, on introduit, entre le caractère et le ressort, la pointe d'une broche spéciale et l'on extrait doucement la boîte en faisant levier.

Embrayage. — L'embrayage, du type à friction, est porté par l'axe du porte-timbre et consiste (fig. 4) en deux bagues 36 en fibre rouge alternant avec trois bagues en acier 37.

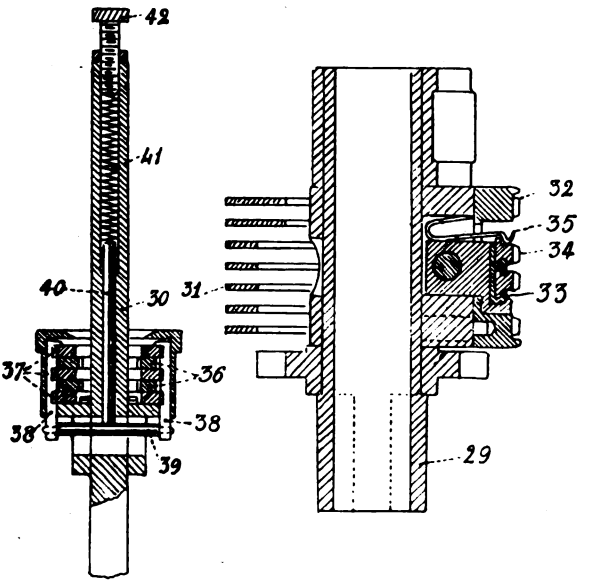
Les bagues en fibre sont solidaires de l'extrémité inférieure du manchon du porte-timbre 29, tandis que les bagues en acier sont solidaires de deux pattes 38, mobiles dans les parois de la capsule d'embrayage. Ces deux pattes sont assemblées par une broche transversale 39 passant à travers l'axe fendu 30 en rotation permanente.

Cette broche 39 est elle-même actionnée par une tige 40 passant à l'intérieur de l'axe. Un ressort 41, réglé par une vis

Digitized by Google

42, permet de modifier la pression des bagues d'embrayage l'une contre l'autre et par suite leur frottement.

Les bagues d'acier tournent donc constamment avec l'axe du porte-timbre, tandis que les bagues de fibre restent en repos avec le porte-timbre, jusqu'à ce que ce dernier soit libéré par le mécanisme de déclanchement comme on l'a vu plus haut.



Embrayage. *Porte-timbre.*

Fig. 4.

Réglage de l'impression. — Il faut pouvoir régler la position, sur les lettres, du timbre et de la flamme ; ce réglage s'effectue en agissant sur l'embrayage.

Si les barres imprimant la flamme passent par-dessus le bord des lettres et tachent le caoutchouc de la molette 43 donnant la pression d'impression et par suite le dos des lettres, c'est que le fonctionnement de l'embrayage est trop rapide, le frottement des bagues trop grand, donc que le ressort 41 est trop tendu. Il faut alors desserrer partiellement la vis 42.

Inversement, si l'impression se fait trop loin du bord des correspondances, c'est que le fonctionnement de l'embrayage est

Digitized by Google

trop lent, le frottement trop faible, donc que le ressort 41 n'est pas assez tendu. Il faut serrer davantage la vis 42.

En résumé, on règle la position du timbre et de la flamme sur la lettre en rendant le fonctionnement de l'embrayage plus ou moins rapide par simple modification du frottement des bagues de cet embrayage.

Encrage. — L'encrage se fait par le rouleau encreur en feutre 44 (fig. 2) ; la pression de ce rouleau contre le timbre est réglable au moyen du levier 45, fixé par l'écrou à oreilles 46. Un distributeur oscillant, plongeant dans un réservoir d'encre 47, applique l'encre sur le côté de la molette d'acier 48, d'où elle sera prise par le rouleau de feutre et reportée sur le timbre.

Récepteur. — Après leur oblitération, les lettres passent entre la molette d'alimentation 49 (fig. 2) et la molette folle 50 du récepteur. La molette à trois bras 51 empile ces lettres contre la plaque coulissante 52, qui se déplace progressivement vers l'avant de la machine, poussée par l'afflux des lettres. Le déplacement de cette plaque peut être rendu plus ou moins facile en réglant la friction du ressort 53.

Force motrice et débit. — Les rouleaux de la courroie, les différentes molettes d'alimentation, l'axe du porte-timbre, le distributeur oscillant et la molette à trois bras du récepteur sont mis en mouvement par un moteur électrique placé dans le socle de la machine.

La vitesse de rotation de ce moteur est d'environ mille tours par minute. A cette vitesse, la machine bien réglée dépasse le débit de 25.000 lettres à l'heure.

Quatre machines Flier sont en service dans la salle de départ de la recette principale de la rue du Louvre. Elles suffisent largement à assurer le timbrage des correspondances, même aux heures les plus chargées.

Digitized by Google

LA PARTICIPATION DE L'ADMINISTRATION DES P.T.T. A L'EXPOSITION INTERNATIONALE DE LA HOUILLE BLANCHE,

(La station radiotéléphonique de Grenoble.)

par M. PELLENC,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'administration des P.T.T. a prêté son concours officiel à l'exposition internationale de la houille blanche, en organisant la diffusion radiotéléphonique des diverses manifestations qui eurent lieu à Grenoble, et en participant effectivement, par l'intermédiaire de l'École supérieure des Postes et Télégraphes, à l'exposition elle-même.

La radiodiffusion des manifestations qui se déroulèrent dans le cadre de l'exposition fut effectuée par les stations du réseau d'État, de Paris (École supérieure des P.T.T. et tour Eiffel), de Lyon (la Doua), de Marseille et de Toulouse.

Le 21 mai, ces stations, actionnées par fil à partir de Grenoble grâce à des dispositifs amplificateurs spéciaux établis par le Service de radiodiffusion de l'administration, assurèrent la transmission de la cérémonie d'inauguration de l'exposition, présidée par M. Painlevé, président du conseil des ministres.

Les 2 et 3 août, ces mêmes stations, auxquelles était venue se joindre la station de Grenoble installée depuis, par l'administration, dans l'enceinte de l'exposition, radiodiffusaient les fêtes et manifestations qui eurent lieu à Grenoble à l'occasion de la visite de M. Gaston Doumergue, président de la république.

Musique et discours s'échappant ainsi de la ville purent être entendus, ainsi qu'en témoigne une nombreuse correspondance, dans toute la France et hors de France dans toute l'Europe occidentale et centrale, faisant à l'étranger la meilleure

Digitized by Google

propagande en faveur de la grande manifestation d'intérêt national et international que constituait l'exposition.

La participation effective de l'administration à l'exposition elle-même, consista dans l'installation et l'exploitation, dans l'enceinte de l'exposition, d'un poste radiotéléphonique émetteur et dans l'aménagement d'un stand, dans le palais de la houille blanche.

* * *

I. LA STATION RADIOTÉLÉPHONIQUE DE L'EXPOSITION.

Installée par le Service de la radiodiffusion, la station émettrice de moyenne puissance était destinée à diffuser les discours, conférences, congrès, manifestations de gala artistiques et musicales organisées à Grenoble à l'occasion de l'exposition. Ce poste devait, en outre, être capable de fonctionner en satellite des postes régionaux du réseau d'État de radiodiffusion, c'est-à-dire de retransmettre les programmes des stations de Paris ou de Lyon.

L'exposition de Grenoble se prêtait, à vrai dire, particulièrement bien à l'installation d'un poste émetteur radiotéléphonique. Elle se tenait sur un terrain bien dégagé, à l'écart de la ville, et comprenait, parmi ses constructions, une tour d'une hauteur de 85 mètres, parfaitement appropriée à l'installation d'une antenne (fig. 1). Celle-ci, formée de deux fils d'une centaine de mètres de long, écartés de 3 mètres, fut fixée à la partie supérieure de la tour par l'intermédiaire de chaînons en porcelaine. Elle était inclinée et aboutissait, au niveau du sol, à un petit pavillon installé pour la durée de l'exposition par la société « l'Eternit ». C'est ce pavillon qui fut mis à la disposition de l'administration pour l'installation du poste de radiotéléphonie.

Pour répondre aux besoins d'une exploitation temporaire, cette station radiotéléphonique devait avoir certaines particularités techniques indispensables : il fallait que son encombrement fût limité, qu'elle fût d'un maniement simple, et qu'elle ne comportât aucune machine bruyante d'une conduite et d'un entretien

Digitized by Google

délicat; qu'elle ne nécessitât enfin qu'un usage restreint d'accumulateurs, afin d'éviter les recharges fréquentes et toujours mal commodes pour des installations provisoires, à place limitée. Un poste alimenté par un redresseur répondait parfaitement à ces conditions. La haute tension, nécessaire à l'alimentation des

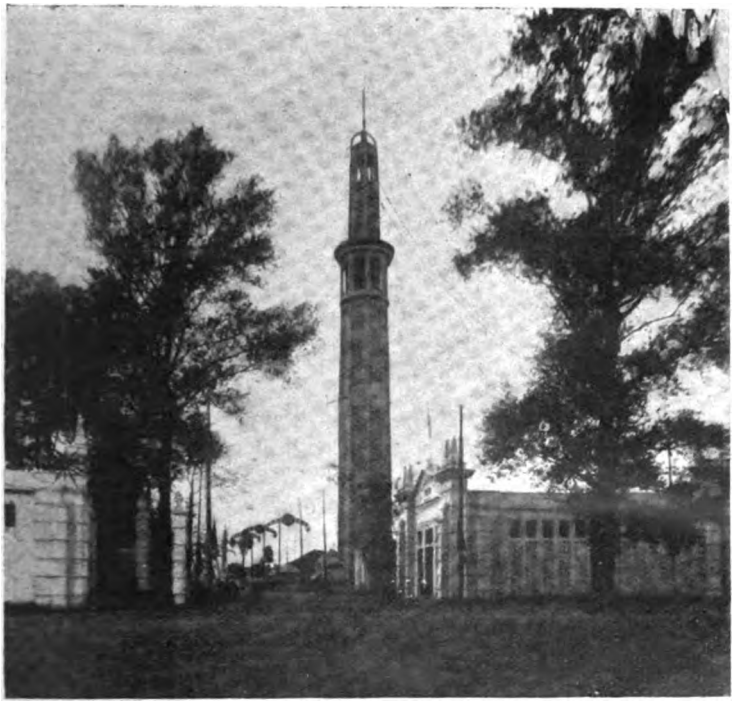


Fig. 1. — La tour de l'exposition de la houille blanche et son antenne de T.S.F.

plaques, pourrait être ainsi obtenue au voisinage immédiat de l'émetteur sans groupe générateur H.T., gênant par le bruit et les trépidations, en redressant le courant alternatif à 50 périodes du secteur électrique, après élévation de tension par un transformateur-élévateur. Si les tensions intermédiaires nécessaires aux autres organes pouvaient être obtenues d'après le même principe, et le chauffage des filaments être effectué par le courant alternatif, on aurait une installation commode, fonctionnant sans aucune machine rotative. C'est à cette solution qu'on s'arrêta.

Digitized by Google

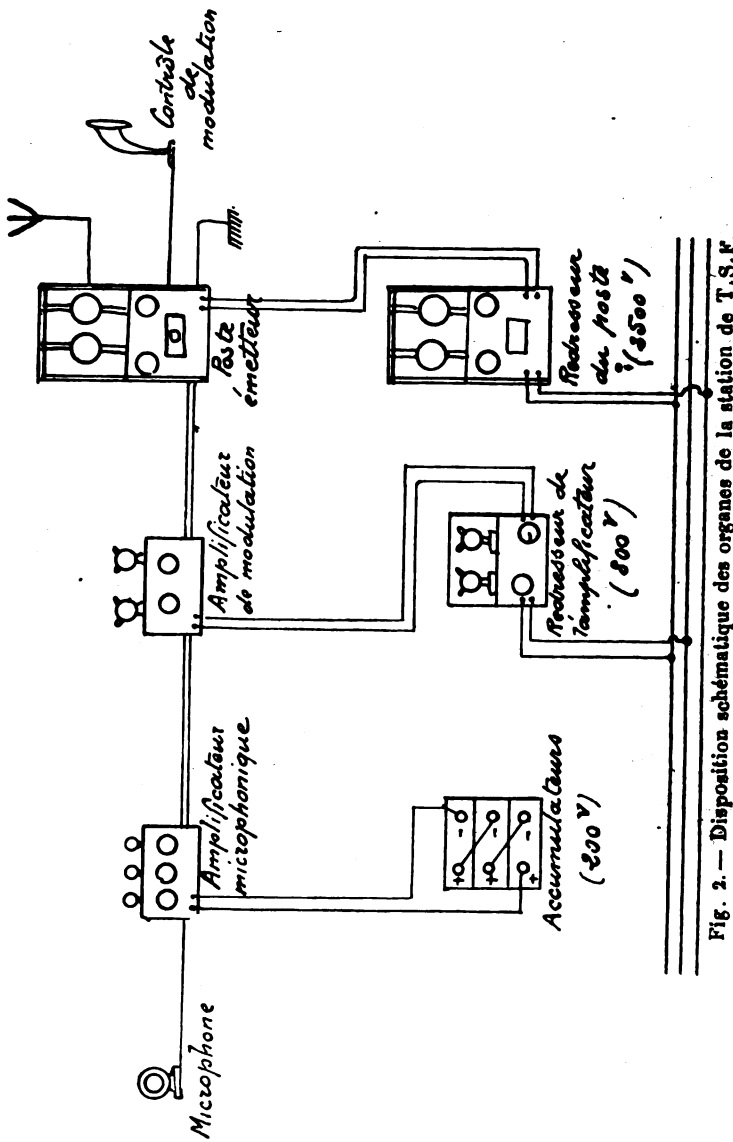


Fig. 2. — Disposition schématique des organes de la station de T.S.F.

Digitized by Google

La disposition des divers organes utilisés est représentée schématiquement par la figure 2, tandis que la figure 3 montre la photographie des installations. On y peut voir :

l'amplificateur microphonique alimenté par des accumulateurs,

l'amplificateur de modulation alimenté par un redresseur,

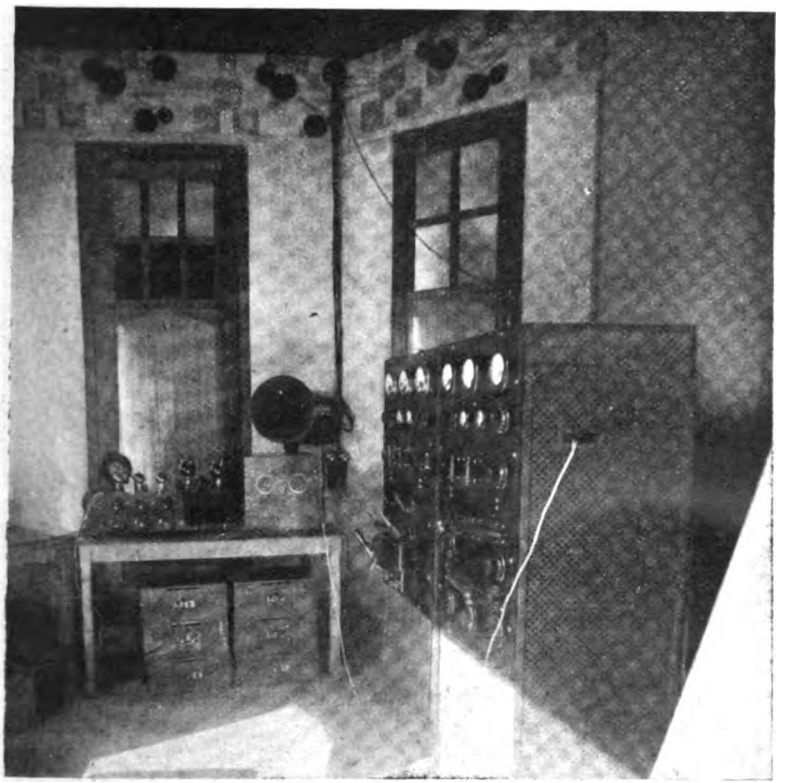


Fig. 3. — Vue du poste émetteur.

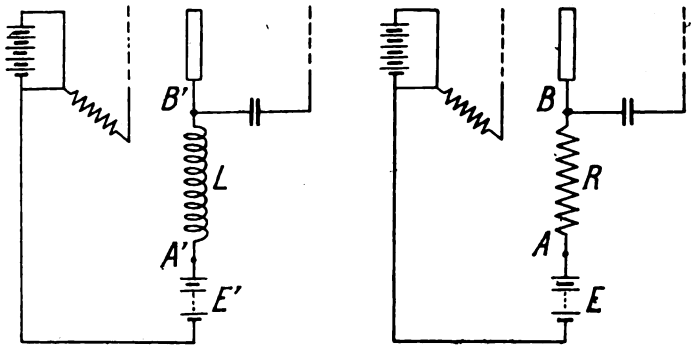
le poste émetteur proprement dit avec son dispositif d'alimentation (redresseur).

Le premier amplificateur, ou amplificateur microphonique, avait pour but de recevoir le courant du microphone (appareil de grande pureté, mais d'efficacité très faible) et de lui donner l'intensité d'une forte conversation téléphonique. Cet amplificateur à trois étages utilisait le montage dit « à impédance », dans

Digitized by Google

lequel le couplage entre une lampe et la suivante est assuré au moyen d'une self et d'une capacité, conformément au schéma de la figure 4. Ce montage analogue au montage « à résistance » représenté sur la même figure, diffère de lui par le fait que la résistance R est remplacée par une self L.

Tous deux se comportent de la même façon en ce qui concerne l'amplification du courant de basse fréquence. Supposons



Montage d'un étage à résistance. Montage d'un étage à impédance.

Fig. 4.

que nous ayons affaire à un courant B.F. périodique de pulsation ω, engendrant dans les grilles des variations de potentiel de même fréquence. Dans l'un, le potentiel de grille variable entraîne des variations j de courant plaque, qui donnent aux bornes de la résistance R des variations de tension Rj utilisées pour attaquer la grille de la lampe suivante. Dans l'autre, par le même mécanisme on obtient aux bornes de la self L des variations de tensions $L\omega j$. Mais, tandis que R est à peu près constant pour toutes les fréquences, $L\omega$, du fait de la présence de ω, varie avec elles. Les fréquences les plus basses sont donc un peu moins amplifiées que les autres; mais, si la self est forte, cela n'est pas très sensible.

Pratiquement, on sait que, pour les amplificateurs utilisant les lampes de réception ordinaire, $R = 80$ à 100.000 ohms (soit 3 ou 4 fois la résistance intérieure de la lampe). Il faut donc que l'on ait : $L\omega = 100.000$ ohms environ. Comme ω moyen pour

Digitized by Google

la parole = 5000, on peut réaliser l'appareil en prenant $L = 20$ henrys.

Par contre, l'avantage du montage à impédance est de nécessiter pour fonctionner une force électromotrice plus faible. Si, en effet, la force électromotrice appliquée dans un montage à résistance est E, le courant continu permanent parcourant le circuit de plaque est

$$j = \frac{E}{R + \rho},$$

ρ étant la résistance intérieure de la lampe. Si $R = 3\rho$ (80.000 ohms environ), on a :

$$j = \frac{E}{4\rho},$$

et la tension continue effectivement appliquée sur la plaque n'est que le quart de la tension aux bornes de la source :

$$\rho j = \frac{E}{4}.$$

Dans le montage « à impédance », au contraire, la résistance de la self L pour le courant continu est beaucoup plus faible (quelques milliers d'ohms tout au plus), si bien que presque toute la chute de tension s'effectue à l'intérieur de la lampe, et que la tension continue de la plaque est à peu près celle de la source E'.

Donc, pour faire fonctionner une lampe sous une tension de plaque effective V, il suffit, dans le montage « à impédance », de disposer d'une source de force électromotrice 3 à 4 fois plus faible que dans le montage « à résistance ». On conçoit donc que ce dispositif, pour une alimentation par des accumulateurs, comme c'était le cas à Grenoble, présentait de sérieux avantages.

La sortie de ce premier amplificateur était réunie, par transformateur, à l'entrée d'un amplificateur plus puissant (amplificateur de modulation), utilisant un montage analogue, mais muni de lampes de 45 watts, alimentées sous 1.000 volts de tension de plaque. Cette dernière tension était fournie au moyen d'un petit redresseur de 100 watts, utilisant un montage tout à fait identique à celui du redresseur de la station, et alimenté, comme

Digitized by Google

lui, par le courant à 50 périodes du secteur d'éclairage. Cet amplificateur de puissance, recevant, comme nous l'avons dit, à l'entrée, un courant comparable en intensité à celui d'une conversation téléphonique ordinaire, produisait à la sortie un courant dont l'intensité aurait permis d'actionner un très fort haut-parleur. Ce courant était transmis à la grille de la lampe modulatrice du poste.

Ainsi pouvait être réalisée la commande, à partir d'un

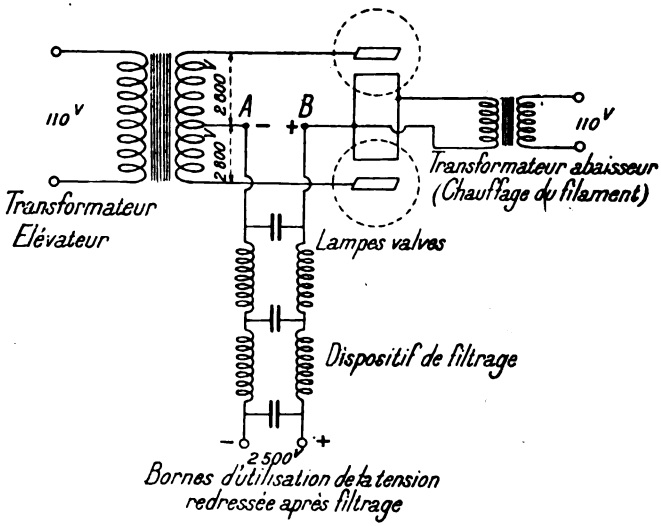


Fig. 5. — Dispositif redresseur et de filtrage du courant à haute tension.

simple microphone, d'un poste d'une puissance alimentation de plus d'un kilowatt.

Le poste lui-même et son redresseur d'alimentation en courant haute tension étaient constitués par deux meubles de dimensions analogues. Le premier renfermait le circuit oscillant, les selfs et capacités d'accord et de couplage, les lampes oscillatrices et modulatrices. Le second renfermait le transformateur élévateur, les lampes valves, et le dispositif de filtrage du courant redressé.

La puissance nécessaire au poste, n'étant pas considérable (1 kilowatt environ), pouvait être prélevée sur une seule phase

Digitized by Google

de la distribution triphasée du secteur. Cela permettait pour le dispositif redresseur un montage plus simple, nécessitant l'utilisation de deux lampes valves seulement, comme il est représenté sur la figure 5.

Un transformateur élévateur dont le secondaire avait une prise médiane A, donnait, entre ce point et chacune des extrémités, une force électromotrice efficace de 2.800 volts. Ces extrémités étaient reliées chacune à la plaque d'une lampe valve, dont les filaments, connectés en parallèle, étaient chauffés directement par le courant alternatif au moyen d'un transformateur-abaisseur. Les deux alternances du courant monophasé étaient ainsi redressées, chaque lampe ne travaillant que pour l'une des deux alternances. La tension redressée prise entre les filaments des valves B et le point milieu du transformateur élévateur A avait une valeur moyenne bien définie (2.500 volts). Mais cette tension, qui était ondulée, ne pouvait être appliquée aux lampes du poste avant d'avoir subi un filtrage pour la débarrasser des ondulations périodiques de fréquence double de celle du courant alternatif d'alimentation et faire apparaître seulement sa valeur moyenne aux bornes d'utilisation. Ce filtrage était effectué au moyen de très fortes bobines de self-induction, laissant passer le courant continu, tout en faisant obstacle aux ondulations périodiques résiduelles, elles-mêmes absorbées par des condensateurs, placés en dérivation, et constituant pour elles des shunts d'impédance faible.

Il suffisait donc de connecter ce meuble à la distribution d'énergie du secteur et de fermer l'interrupteur-disjoncteur, pour recueillir, aux bornes de sortie, la haute tension nécessaire à l'alimentation du poste proprement dit.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

L'EXPOSITION INTERNATIONALE DE RADIOTÉLÉGRAPHIE DE GENÈVE

(*septembre 1925*),

Par P. BAIZE,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'exposition internationale de radiotélégraphie et de machines parlantes s'est tenue à Genève, au début de septembre 1925, sous le haut patronage des autorités fédérales suisses et du gouvernement du canton de Genève.

Trois nations avaient participé officiellement à cette exposition : la Suisse s'était fait représenter par son département des Postes, des Télégraphes et des Téléphones ; l'Italie, par ses services militaires et navals de radiotélégraphie ; la France, par l'École supérieure des P. T. T..

L'exposition avait été aménagée dans les bâtiments du palais électoral de Genève qui, en raison de sa disposition, avait été jugé particulièrement propice à cette disposition : l'exposition se tenait dans le grand hall du palais, ainsi que dans les galeries du premier étage. De ce fait, une grande surface avait pu être occupée, et le tout constituait un ensemble aménagé rationnellement et disposant d'un bon éclairage.

Le rez-de-chaussée était occupé par les stands des divers exposants. Les galeries étaient, en partie, occupées par les fabricants de disques de phonographes et machines parlantes. Une très grande longueur avait été réservée à l'installation d'une table d'écoute à deux rangées, comprenant une centaine de récepteurs téléphoniques, à l'aide desquels les visiteurs de l'exposition pouvaient écouter les auditions données par les principaux postes radiotéléphoniques européens, ainsi que les discours prononcés aux séances de la société des nations, dont

Digitized by Google

la transmission était assurée par le personnel envoyé en mission par l'École supérieure des P. T. T..

Des haut-parleurs puissants, de construction française, avaient été disposés dans la grande salle de l'exposition. Ils servaient à faire connaître au public les programmes et renseignements de toute nature : ils donnaient, en particulier, l'annonce des discours prononcés à la société des nations, discours que les visiteurs étaient invités à entendre à la table d'écoute. Ils permettaient également d'appeler au téléphone une personne se trouvant dans la salle, sans avoir à recourir à un messager.

Un cinquième haut-parleur, d'un modèle à très grande puissance, avait été placé à l'extérieur du bâtiment, au niveau du toit. Il permettait de faire connaître au public de Genève toutes les manifestations artistiques et productions diverses données à l'intérieur de l'exposition, et de faire entendre à heures fixes quelques auditions musicales destinées à être suivies par tous les passants.

Tous ces haut-parleurs, ainsi que les récepteurs téléphoniques de la table d'écoute, étaient actionnés par des amplificateurs de grande puissance disposés dans un petit local spécialement aménagé à cet effet par les soins de la commission technique de l'exposition, et muni des dispositifs les plus perfectionnés.

*
* *

Description des principaux stands. — Le *stand de l'administration suisse* des Postes, Télégraphes et Téléphones comportait une description photographique des stations radiotélégraphiques et radiotéléphoniques installées sur le territoire fédéral (Berne, Zurich, etc.). En particulier, dans le domaine de la radiotéléphonie, l'administration fédérale avait fourni des renseignements très documentés sur l'exploitation des stations de radiodiffusion. Celles-ci sont, en Suisse, sous la dépendance directe du gouvernement fédéral, lequel subvient aux dépenses d'exploitation. Pour lui permettre de trouver les ressources

Digitized by Google

nécessaires, une loi a institué, en Suisse, une redevance annuelle, payable par tous les possesseurs de postes récepteurs. Ceux-ci versent à l'État une somme de 12 fr. par an. Le produit des redevances est totalisé dans chaque région, et 80 % de la somme recueillie est attribuée à la station régionale de radiodiffusion.

L'administration suisse avait fait figurer dans son stand (fig. 1) un diagramme relatif aux redevances perçues dans la région de Zurich. Ce diagramme indique, comme on le voit sur la photographie, une progression très rapide du montant des redevances payées, témoignant ainsi de la faveur rencontrée dans le public par les auditions radiotéléphoniques, et de l'empressement des citoyens suisses à subvenir aux frais qu'elles occasionnent. Les visiteurs du stand pouvaient s'y procurer tous les renseignements relatifs à l'établissement et à l'utilisation des installations de réception radiotéléphonique, et aux règles administratives à observer.

Stand du royaume d'Italie. — Le gouvernement italien, représenté par ses ministères de la guerre et de la marine, avait fait, à Genève, une exposition fort complète des différents procédés techniques utilisés, en Italie, par les services militaires et navals.

En ce qui concerne l'émission, le ministère italien de la Marine avait exposé une voiture automobile radioélectrique construite par ses soins, dans ses ateliers. Cette voiture comporte un poste émetteur susceptible d'émettre des ondes amorties ou entretenues. Le poste, travaillant en ondes amorties, peut atteindre une puissance de 1^{kW}, 5. Il utilise le système d'excitation par choc, au moyen d'un éclateur tournant synchrone, accouplé avec un alternateur monophasé à 180 périodes. L'entraînement de cet alternateur est effectué par le moteur de la voiture automobile.

Le poste, travaillant en ondes entretenues, comporte trois lampes de 150 watts chacune, la première utilisée en redresseur du courant à 180 périodes fourni par l'alternateur, la deuxième fonctionnant en oscillatrice, et la troisième pouvant servir de

Digitized by Google

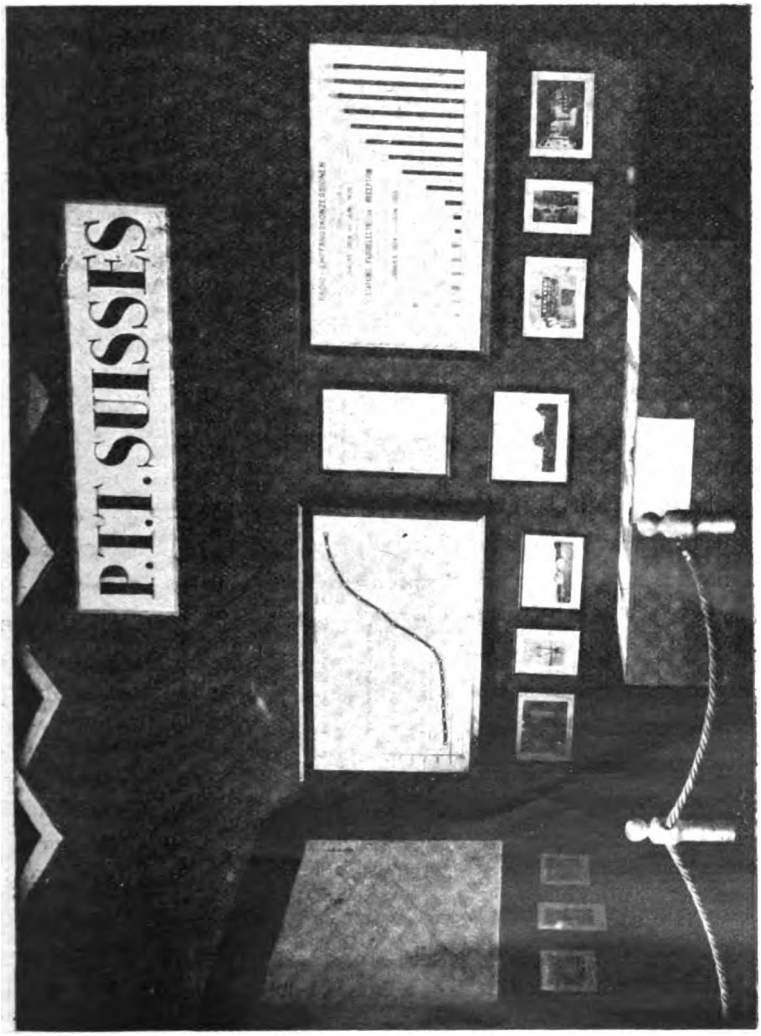


Fig. 1.

Digitized by Google

modulatrice pour le trafic radiotéléphonique. La tension d'alimentation du redresseur est de 7.000 volts. Le circuit oscillant utilise le montage Meissner, avec couplage direct de l'antenne. Ce poste est prévu pour travailler sur une gamme de 600 à 1.900 mètres en ondes amorties, et de 700 à 2.100 mètres en ondes entretenues.

Une boîte de réception complète l'installation de la voiture, en la rendant capable d'assurer un service bilatéral.

L'installation mobile réalisée par la marine italienne réunit ainsi, sous un faible volume, un dispositif de radiotélégraphie et de radiotéléphonie susceptible de répondre à tous les besoins du service et muni d'appareils d'une puissance très appréciable, permettant un trafic à grande distance.

Le ministère de la marine exposait également un poste émetteur radiotélégraphique pour ondes courtes, destiné à travailler sur 40 mètres de longueur d'onde, avec émission dirigée au moyen d'un réflecteur métallique.

Le montage adopté (fig. 2) utilise deux lampes montées symétriquement. Les circuits grille et plaque sont accordés l'un et l'autre au moyen de condensateurs variables de très faible capacité. Le couplage de l'antenne est obtenu au moyen d'une seule spire à position variable. L'alimentation des plaques est fournie par un redresseur à lampes. La puissance du poste exposé peut atteindre 900 watts-alimentation.

Une application pratique de ce procédé d'émission fut réalisée au cours de l'exposition : un émetteur identique comme circuit oscillant, mais d'une puissance réduite à 40 watts d'alimentation, sous 400 volts de tension plaque fut installé dans un local de l'exposition. Il fut mis en fonctionnement sur longueur d'onde de 105 mètres, après couplage avec une antenne sommairement installée sur le toit du bâtiment de l'exposition. Ce poste assura chaque soir une liaison radiotélégraphique avec les services techniques de la marine italienne, à Spezia (Italie), où les signaux transmis de Genève furent entendus très régulièrement. Des émissions ayant été faites, en retour, de Spezia, afin d'assurer une communication bilatérale, la réception en fut

Digitized by Google

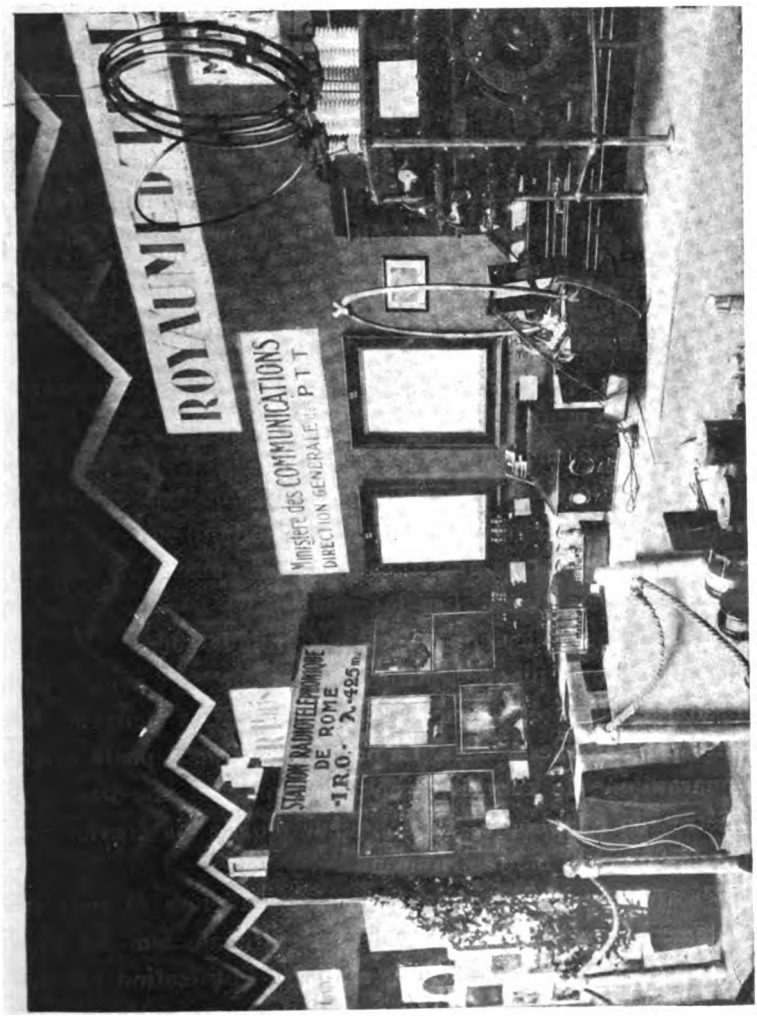


Fig. 2.

Digitized by Google

faite, à Genève, au moyen d'un amplificateur à super-réaction destiné spécialement à la réception des ondes courtes. Cet amplificateur comprenait 6 lampes, à savoir : une lampe génératrice de courant à moyenne fréquence (10.000 à 20.000 périodes p. sec.), deux lampes à haute fréquence montés symétriquement (système Eccles), une détectrice et deux lampes basse fréquence. Le réglage de l'oscillatrice à moyenne fréquence était effectué par variation de réluctance d'une bobine oscillatrice, obtenue au moyen de l'enfoncement d'un noyau de fils de fer fins. Le montage de cet amplificateur était un montage classique à superréaction. Il permettait de faire entendre en haut-parleur les signaux transmis par le poste de Spezia sur une longueur d'onde de 120 mètres avec une puissance d'environ 100 watts.

Signalons également, comme installations intéressantes exposées par le ministère de la guerre italien, un poste d'émission et de réception à ondes dirigées par cadre pour radiotélégraphie et radiotéléphonie (fig. 2). L'émission est assurée au moyen de quatre lampes oscillatrices débitant sur un circuit oscillant comprenant un grand cadre à une spire d'un mètre de diamètre. La réception utilise le même cadre comme collecteur d'ondes, avec amplificateur-détecteur à trois lampes.

Les tensions plaque utilisées sont de 200 volts pour l'émission et 60 volts pour la réception. Elles peuvent être fournies par des piles sèches. La portée de ce petit poste atteint une quarantaine de kilomètres en télégraphie, et une dizaine de kilomètres en téléphonie. La longueur d'onde de travail peut varier de 80 à 120 mètres environ.

Les ateliers de Spezia de la marine italienne et ceux des services techniques de l'armée construisent également des appareils de réception perfectionnés, réalisant l'utilisation des procédés techniques inventés dans tous les pays. En plus de l'amplificateur à super-réaction, mentionné précédemment, divers appareils de réception avaient été présentés, tels que : radiogoniomètres, amplificateurs à selfs amovibles, amplificateurs basse fréquence, ainsi que des lampes de toutes puissances.

Digitized by Google

Un dispositif d'enregistrement des signaux radiotélégraphiques, basé sur la variation de résistance filament-plaque offrait un intérêt tout particulier. Voici quel est le principe du fonctionnement de cet appareil qui utilise deux lampes triodes :

La première lampe est montée en oscillatrice haute fréquence. Un relais polarisé est intercalé dans son circuit filament-plaque. La deuxième lampe, montée en amplificatrice, reçoit sur la grille, au moyen d'un transformateur basse fréquence, les signaux radiotélégraphiques à fréquence musicale qu'il s'agit d'enregistrer. La plaque de cette deuxième lampe est couplée, au moyen d'une bobine de self à haute fréquence, avec le circuit oscillant de la première lampe. Il en résulte une certaine absorption par la deuxième lampe des oscillations produites par la première. Celle-ci étant réglée dans le voisinage de la limite d'entretien, le passage d'un signal, produit une diminution de la résistance filament-plaque de la deuxième lampe, ce qui a pour effet d'augmenter l'absorption au point de faire décrocher les oscillations pendant toute la durée du signal. Il en résulte une forte variation du courant plaque dans la lampe amplificatrice, ce qui assure un bon fonctionnement du relais. Le régime des oscillations reprend, de lui-même, après la fin du signal.

Stand de la compagnie Marconi. — La compagnie Marconi, à qui est concédée, en Suisse, la construction et l'exploitation de la radiotélégraphie, exposait des vues de ses principales stations d'émission, et en particulier, des deux émetteurs radiotélégraphiques de la station de Berne. Ces postes fonctionnent au moyen de plusieurs lampes Marconi de 2 kilowatts, alimentés sous 10.000 volts. Les puissances de ces émetteurs sont de 15 à 25 kilowatts. Ils travaillent respectivement sur des longueurs d'onde de 5.300 à 3.400 mètres. En même temps que les photographies de ces stations, la compagnie Marconi faisait voir les différentes opérations nécessaires à la transmission d'un radiotélégramme, en décrivant les divers appareils utilisés : perforatrice, transmetteur, récepteur automatique à grande vitesse, traducteur Creed.

Digitized by Google

Outre les vues de ces stations, la compagnie Marconi montrait un certain nombre d'appareils radioélectriques dont plusieurs présentaient des particularités intéressantes. Citons, parmi ceux-ci, l'amplificateur microtéléphonique pour haut-parleur, comprenant 7 lampes Marconi, type « L S 5 ». Cet amplificateur utilise le montage à résistances et capacités.

Les transformateurs d'entrée et de sortie sont bobinées par galettes. La tension plaque est de 250 volts. La tension négative de grille, variable suivant les étages, peut atteindre 80 volts. Cet appareil est destiné à reproduire, dans une salle, la voix d'un orateur ou la musique.

Parmi les nouveautés intéressantes, nous avons remarqué un appareil émetteur et récepteur pour ondes courtes, destiné aux avions. L'émetteur comprend une lampe oscillatrice et une modulatrice, de 50 watts chacune. La tension plaque, de 1.000 volts, est fournie par une dynamo entraînée par une hélice qui tourne sous l'action du courant d'air produit par le déplacement de l'avion. Le récepteur est un amplificateur à résonance. La portée de cet appareil peut être grande, en raison de la faible longueur d'onde de travail (80 à 120 mètres), et du bon rayonnement d'un semblable émetteur. Il est vraisemblable que les résultats qui pourront être obtenus avec ce poste, d'avion, conduiront à la vulgarisation de ce type d'appareils dans l'aviation commerciale.

Stands des industriels suisses de T.S.F. — Différents industriels suisses avaient exposé les appareils qu'ils offrent habituellement à leur clientèle. Il s'agissait, bien entendu, d'appareils de réception utilisant les divers systèmes en faveur auprès des amateurs. Les produits dus à l'industrie française étaient assez répandus dans les différents stands, où l'on voyait, en particulier, des hauts-parleurs, des amplificateurs, des superhétérodynes, construits par des industriels parisiens.

Un grand nombre d'appareils établis par des constructeurs suisses, étaient également très remarqués, en raison de leur bonne présentation et de la clarté de leurs montages.

Digitized by Google

Stand des établissements Belin. — M. Edouard Belin, l'inventeur de divers procédés nouveaux de transmission à distance, avait présenté, aux visiteurs de l'exposition, un de ses nouveaux appareils crypto-téléstéréographiques destinés à être utilisé pour transmettre l'écriture entre Paris, Lyon, Strasbourg, etc... La démonstration du mécanisme de la transmission téléstéréographique était faite à tout visiteur qui désirait se rendre compte du fonctionnement de l'appareil. Celui-ci comportait un dispositif à combinaison variable dans le temps permettant d'assurer, avec certitude, le secret de la transmission.

Stand de l'administration française des Postes et Télégraphes. — L'administration française des Postes et Télégraphes avait été représentée par les ingénieurs de l'École supérieure chargés de la transmission radiotéléphonique des discours de la Société des nations. Ceux-ci avaient tenu à présenter aux visiteurs de l'exposition un résumé des principaux travaux exécutés à l'École supérieure en vue de la construction du matériel radioélectrique destiné à l'établissement et au contrôle des postes de radiodiffusion. Afin de permettre au public de comprendre aisément le fonctionnement des appareils exposés, il avait été réalisé pour chacun d'eux :

1° un schéma des connexions, comportant les explications techniques nécessaires à la bonne compréhension du but recherché ;

2° un montage sur table, ou maquette, avec connexions bien apparentes de manière à indiquer bien clairement la façon de réaliser l'appareil ;

3° une réalisation pratique de l'appareil terminé, mis en coffret, montrant de quelle manière pouvait être effectuée une bonne présentation de l'appareil construit.

L'appareil qui intéressa le plus les visiteurs de l'exposition fut assurément l'amplificateur de puissance construit par le Service de la radiodiffusion en vue de permettre la retransmission, le long des lignes téléphoniques, des manifestations oratoires et artistiques analogues à celles qui ont eu lieu à Genève,

Digitized by Google

à la société des nations et au Grand Théâtre. Le bon fonctionnement de cet appareil, qui a fait ses preuves non seulement à Genève, mais à Saint-Étienne, à Château-du-Loir, à Dijon, pour la transmission de diverses manifestations, a été témoigné par les résultats obtenus, aussi le public a-t-il pris un vif intérêt à voir, sous ses yeux, la reproduction, le montage et le schéma de cet appareil.

Cet amplificateur comporte trois étages dont le dernier comprend deux lampes à montage symétrique. Le microphone émetteur, à montage différentiel, est connecté à la grille de la première lampe par l'intermédiaire d'un transformateur spécialement construit avec une tôle de haute perméabilité. C'est de ce premier transformateur que dépend principalement la bonne qualité de la retransmission, le courant qui le traverse est, en effet un courant de très faible intensité, provenant du microphone émetteur. Si donc le transformateur d'entrée est la cause d'une déformation initiale, on conçoit que celle-ci, amplifiée par les étages successifs, arrive à rendre très mauvaise la qualité de la modulation. L'emploi de tôles de très bonne qualité et d'enroulements bobinés par galettes a permis, précisément, d'éviter cette distorsion initiale. Le montage symétrique, utilisé pour le dernier étage, a principalement pour but de parer à la saturation du fer, en annulant le flux permanent produit, dans le transformateur de sortie, par le courant moyen du circuit plaque.

Des photographies faisaient connaître au public les diverses réalisations faites à poste fixe dans les stations régionales françaises de radiodiffusion, notamment celles de Toulouse et de Marseille, ainsi que certaines installations de la station de Lyon (fig. 3).

Les appareils de réception et de contrôle figuraient également pour une large part dans le stand de l'Administration française : tout d'abord, en ce qui concerne les appareils de réception, on pouvait voir un poste récepteur à galène, *construit* en vue d'éviter les pertes d'énergie à haute fréquence. Un appareil à lampes spécialement intéressant pour les amateurs

Digitized by Google

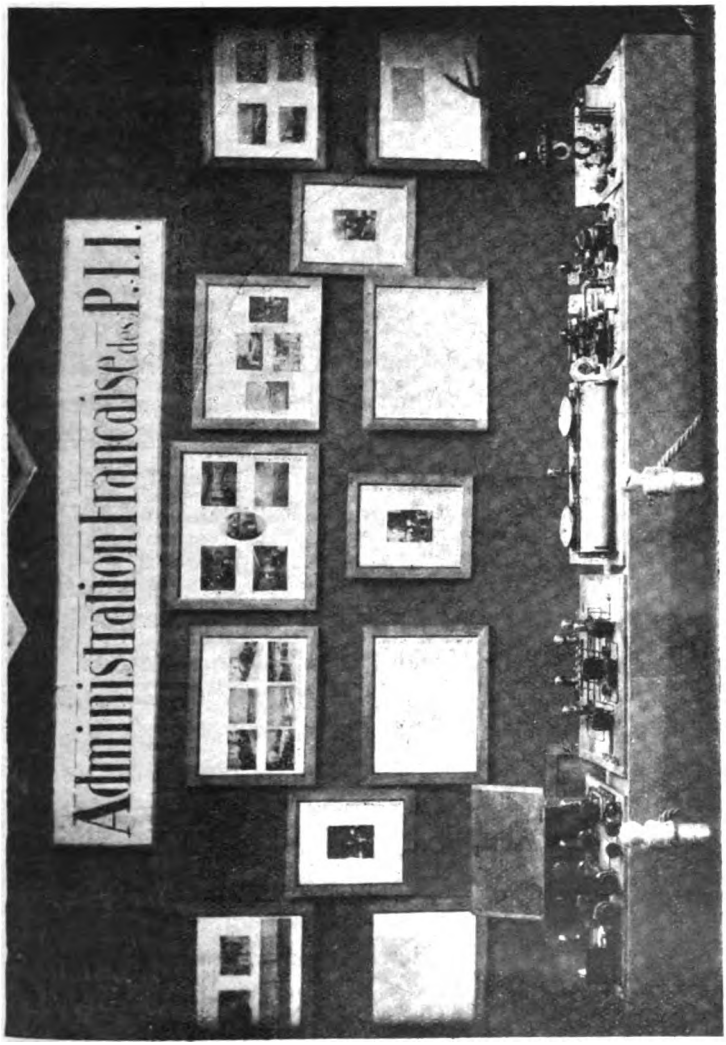


Fig. 3.

Digitized by Google

des grandes villes était le *récepteur neutrodyne* (fig. 3), étudié et réalisé au laboratoire de l'École supérieure. Le montage neutrodyne, qui vient de faire l'objet d'une étude théorique et pratique publiée par les *Annales des Postes et Télégraphes*, permet de pousser au plus haut point les qualités sélectives d'un poste de réception en évitant la production d'accrochages d'oscillations parasites. Grâce à l'emploi d'un tel appareil, un amateur placé dans le voisinage d'un poste émetteur puissant arrive fort bien à l'éliminer, et à écouter une audition donnée par un poste situé à grande distance.

Parmi les dispositifs de contrôle, nous mentionnerons un appareil destiné à relever les courbes caractéristiques statiques des lampes à trois électrodes employées tant à l'émission qu'à la réception. L'appareil permet la mesure du courant plaque d'une lampe pour un chauffage et une tension grille déterminée. Nous indiquerons, également, un appareil permettant de déterminer l'intensité d'une réception radiotéléphonique, et d'avoir ainsi une mesure de l'efficacité du poste émetteur. L'appareil comporte une réception par cadre utilisant un amplificateur sans réaction. Le courant de fréquence musicale recueilli à la sortie de cet amplificateur est envoyé dans une lampe fonctionnant en détectrice basse fréquence. Un milliampèremètre mesure ce courant détecté, et la déviation de l'aiguille donne une indication en rapport avec l'intensité de la modulation du poste que l'on écoute. Cet appareil permet ainsi de contrôler le fonctionnement d'un poste émetteur radiotéléphonique.

Comme le fait voir cet exposé, l'exposition de T. S. F. de Genève a présenté aux yeux des visiteurs un résumé fort complet de la technique radioélectrique dans son état actuel. Le caractère international qui lui a été donné en 1925 a permis des échanges de vues intéressantes entre techniciens des divers pays, d'où sortiront, selon toute vraisemblance, de nouveaux progrès.

Digitized by Google

PROCÉDÉ DE TÉLÉGRAPHIE MULTIPLEX APPROPRIÉ A L'EMPLOI DU CODE MORSE.

Problème d'exploitation qui se posait à l'origine. — Les appareils Baudot ou des types analogues donnent la possibilité de transmettre simultanément par un seul fil plusieurs communications télégraphiques. Ils permettent d'autre part certaines combinaisons d'exploitation (postes échelonnés, lignes bifurquées) très commodes pour la répartition du trafic entre un certain nombre de postes utilisant une portion de ligne commune. On sait que leur fonctionnement est basé sur l'emploi d'un alphabet spécial où chaque lettre correspond à un groupe de cinq émissions positives ou négatives consécutives et d'égale durée. A la transmission, le jeu d'un distributeur réunit la ligne successivement à chacun des manipulateurs pendant le temps nécessaire à la transmission, par celui-ci, des cinq émissions constituant une lettre. A la réception, un deuxième distributeur, synchrone avec le premier, répartit à chacun des récepteurs les groupes de cinq émissions qui leur sont destinés et qui actionnent respectivement chacun des appareils récepteurs.

Malgré ses avantages reconnus, ce système n'a pas encore universellement pris la place de ceux qui utilisent le code Morse, lesquels ont d'ailleurs été grandement perfectionnés par l'usage de transmetteurs automatiques à grande vitesse et de traducteurs appropriés. Il est même un domaine où le code Morse est resté à peu près exclusivement employé : c'est celui de la radiotélégraphie, où les incertitudes de réception, causées notamment par les parasites et les interférences, n'ont pas encore permis l'emploi efficace du code Baudot. C'est ainsi qu'un ingénieur du Service de la T.S.F., M. Charles Hamel, a été amené à étudier tout d'abord une question d'exploitation radiotélégraphique : la commande à distance simultanée de Paris

Digitized by Google

par un seul fil, en code Morse, de deux postes émetteurs fonctionnant à la station de la Doua, près de Lyon. Après une année d'études et d'expériences, il a pu non seulement résoudre le problème ainsi posé, mais fournir une solution générale et complète du multiplexage des communications en code Morse.

Principe général de réalisation technique. — Le principe

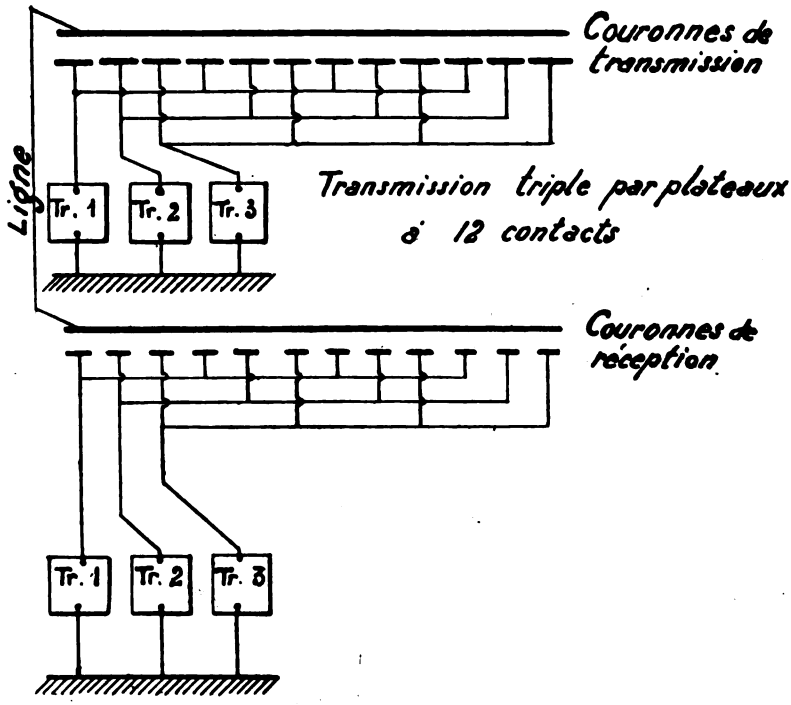


Fig. 1.

est le suivant. Au départ, plusieurs transmetteurs automatiques du genre Wheatstone fonctionnent, pour le cas le plus simple d'application du procédé, à une même vitesse ; un distributeur, qu'on peut imaginer analogue à celui des appareils Baudot, a son mouvement solidaire de celui des transmetteurs. On utilise pour la transmission une des paires de couronnes du distributeur, le nombre des contacts de la couronne divisée étant un multiple du nombre *n* des communications simultanées. Les con-

Digitized by Google

tacts sont réunis entre eux de n en n et forment ainsi n séries dont chacune est reliée à la borne de ligne d'un des transmetteurs. La figure 1 représente le cas de $n = 3$. La liaison mécanique entre les transmetteurs et le distributeur est telle, que la durée du passage du balai sur n contacts successifs est égal au temps d'oscillation simple du levier d'un des transmetteurs, soit à la durée d'un signal « point » (qui est aussi celle de la séparation entre signaux d'une même lettre). On s'arrange en outre de telle sorte que les inversions de courant marquant le commencement et la fin des points et des traits se produisent toujours à des temps où le transmetteur est isolé de la série de contacts qui lui correspond. La ligne commune est reliée à la couronne pleine ; elle reçoit ainsi, des divers transmetteurs, une succession d'émissions élémentaires, soit positives, soit négatives, toutes d'une même durée : celle qui correspond au passage du balai sur un contact du distributeur. Si donc un des transmetteurs déterminé manipule un point, la ligne ne recevra que le n^{me} de l'émission du courant correspondante et sera disponible pour recevoir une fraction égale des signaux positifs ou négatifs émis par chacun des autres transmetteurs.

Si le signal en cours d'émission sur un transmetteur est un trait (dont la durée est celle de trois points), la ligne recevra successivement trois émissions de durée égale à un n^{me} de point, séparées par des intervalles de $(n - 1)$ n^{mes} de point. De même pour les émissions de polarité contraire, correspondant aux espaces entre signaux, entre lettres, ou entre mots, les durées de ces émissions étant toutes des multiples de la durée du point.

A l'arrivée, la ligne aboutit à une couronne pleine d'un distributeur. Les contacts de la couronne divisée correspondante sont en même nombre qu'au départ et également réunis entre eux de n en n par séries de la même manière ; chacune des séries est reliée à un appareil récepteur Morse, ondulateur ou traducteur. Si les mouvements des deux balais sont exactement synchrones et les décalages réglés de telle sorte que les positions sur les contacts soient homologues au départ et à l'arrivée,

Digitized by Google

chacun des récepteurs recevra exclusivement les émissions de courant lancées par un transmetteur déterminé sur les contacts de la série à laquelle il est relié.

Si l'on utilisait le seul courant de travail, on obtiendrait, à la sortie du distributeur de réception, des signaux fort différents du code usuel, chacun des points étant réduit au n^{me} de sa longueur et chacun des traits étant partagé en trois tronçons égaux au n^{me} d'un point et séparés par des intervalles égaux à $(n - 1)\ n^{mes}$ de point. Dans le cas de trois communications simultanées, la lettre P, par exemple, se présenterait sous la forme morcelée suivante avec récepteur Morse

Fig. A.

au lieu de la forme normale

Fig. B.

Sur un ondulateur, l'inscription serait :

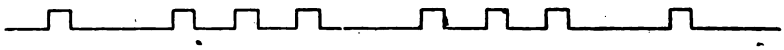


Fig. C.

au lieu de :

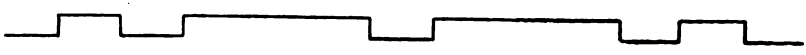


Fig. D.

Il serait d'ailleurs facile de rétablir le signal dans son intégrité par l'emploi d'un relais dont le retour au repos fût convenablement différé ; mais on obtient le même résultat d'une manière plus précise par le simple effet du courant de repos, normalement utilisé sur l'appareil Wheatstone (sur antenne, on procéderait d'une manière analogue en se servant d'une onde de repos) ; il suffit de faire précéder chaque récepteur (Morse, ondulateur ou tout autre) d'un relais fonctionnant exclusivement par inversion du courant. Dans ce cas, le commencement et la fin

Digitized by Google

de chaque point ou trait d'une transmission donnée seront marqués à l'arrivée, l'un par une émission positive, par exemple, l'autre par une émission négative. Chacune de ces émissions ne dure que le n^{me} de la durée d'un point ; leur ensemble pour la lettre P est figuré par le graphique ci-dessous dans le cas de $n = 3$:

mais, pendant lesintervalles vides correspondant aux autres transmissions et pendant les répétitions d'émissions du même sens que la première, le relais de réception restera dans la position qu'il vient de prendre ; le courant local qu'il commande continuera donc à agir jusqu'à l'inversion suivante. L'appareil récepteur répétera ainsi exactement la manipulation du transmetteur correspondant, conformément au graphique suivant :

On peut concevoir que le point lui-même se trouve subdivisé.

La durée d'une oscillation simple d'un transmetteur pourrait correspondre au passage du balai sur un nombre $m\ n$ de contacts, multiple du nombre n des transmissions (les contacts étant encore reliés de n en n) ; la durée de l'émission de courant élémentaire serait alors le mn^{me} de la durée d'un point. Dans ce cas, chaque point comporterait m et chaque trait 3 m émissions de courant. Exemple : soient 3 transmissions simultanées et 2 émissions de courant par point ; la lettre P reçue directement sans courant de repos donnerait sur Morse le signal morcelé suivant :

Fig. E.

au lieu de :

Fig. F.

Digitized by Google

et sur ondulateur :

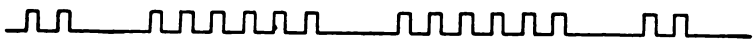


Fig. G.

au lieu de :

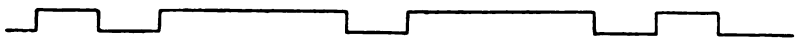


Fig. H.

Là encore, l'artifice du relais différé, ou mieux, celui du courant de repos, reconstitueront le signal primitif ; mais il est à noter que les signaux ainsi fractionnés sont déjà parfaitement lisibles. De là deux applications importantes : 1° suppression de l'onde de repos en T.S.F. ; 2° multiplexage sans synchronisme en employant pour chaque transmission un courant périodique de fréquence déterminée qui agit sur un récepteur en résonance. Ce mode particulier d'application du procédé est notamment tout indiqué en radiotélégraphie. On avait déjà proposé et même expérimenté la transmission simultanée de plusieurs ondes par une même antenne, mais la nouvelle méthode donne une solution plus simple et plus avantageuse puisque, pour chacune des émissions, l'antenne accordée sur une longueur d'onde unique peut rayonner sur celle-ci le maximum de puissance compatible avec son isolement.

Maintien du synchronisme. — Les mouvements des distributeurs de départ et d'arrivée doivent être maintenus en synchronisme, à une fraction près de la longueur d'un contact. Le problème est analogue à celui qui se pose pour les appareils Baudot. On peut, comme avec ces derniers, utiliser deux émissions spéciales, l'une de repos, l'autre de travail, reçues sur un contact spécial de correction ; les contacts affectés à ces émissions prennent alors nécessairement la place de deux des n contacts successifs correspondant à une oscillation simple d'un transmetteur ; le rendement est ainsi réduit dans le rapport $\frac{n-2}{n}$. On a donc intérêt, surtout si le nombre des transmis-

Digitized by Google

sions simultanées est petit, à supprimer les contacts spéciaux de correction. Il suffit pour cela de corriger en utilisant les inversions de courant en ligne, comme Picard le fait avec le baudot et comme on le retrouve avec le multiplex américain. L'inventeur du présent procédé, ne disposant pas, pour ses essais, d'un distributeur du genre Picard, a d'ailleurs imaginé pour cette correction un montage spécial qui sera décrit plus loin.

Le côté particulièrement intéressant de cette invention est sa facilité de mise en œuvre et la sécurité de fonctionnement qui la caractérise. Elle ne présente en effet aucune difficulté technique nouvelle, les problèmes de construction et de réglage, soit mécaniques, soit électriques, qu'elle pose, étant les mêmes que les problèmes déjà étudiés et résolus d'une manière complète pour l'utilisation des appareils baudot ou analogues.

Première réalisation du procédé entre Paris et Lyon. — Après mise au point méthodique du procédé par des essais en local, puis sur une ligne bouclée, une expérience définitive et concluante vient d'être effectuée par les soins du Service de la T.S.F. ; elle réalise la solution pratique du problème primitivement posé : la commande simultanée des deux postes radiotélégraphiques de la Doua par un fil unique. Les distributeurs de transmission et de réception sont d'ailleurs disposés de telle sorte qu'ils puissent, sans modifications importantes, assurer soit cinq communications simultanées dans un même sens, soit deux dans un sens et une dans le sens inverse.

Ces distributeurs sont du type baudot triple à 20 contacts. Sur la couronne extérieure des contacts écourtés, on a supprimé le contact mobile de correction et on a monté à sa place un quatrième secteur de cinq contacts formant avec les trois autres une succession de 20 contacts écourtés, tous identiques et régulièrement espacés (fig. 2).

La liaison entre le mouvement du distributeur et ceux des deux transmetteurs Wheatstone est réalisée mécaniquement. Elle est visible sur la figure 3. L'arbre des balais du distributeur entraîne, par deux accouplements à manivelle, deux arbres

Digitized by Google

auxiliaires qui sont disposés en enfilade suivant son prolongement, et dont chacun attaque par une roue dentée un des mobiles d'un transmetteur. Chacun de ces arbres est d'ailleurs monté en train baladeur, de manière à réaliser deux rapports de vitesse distincts entre l'arbre des balais et l'arbre de l'excentrique qui commande les oscillations du transmetteur. On peut ainsi faire correspondre, à une oscillation simple de celui-ci, la course du balai soit sur deux, soit sur cinq contacts du distributeur, les contacts étant reliés par séries de deux en deux dans le premier cas, de cinq en cinq dans le deuxième cas, conformément aux diagrammes de la figure 4, représentant les couronnes développées. Pour le régime normal de rotation de l'arbre des balais, soit 180 tours à la minute, on obtient dans le premier cas ($n = 2$) une vitesse d'environ 35 mots par minute pour chacun des deux transmetteurs ; dans le second cas ($n = 5$), les deux transmetteurs en jeu travailleront à 14 mots par minute ; mais on pourrait leur en adjoindre trois autres travaillant à la même vitesse.

Une combinaison mixte est possible : un transmetteur travaillant à 35 mots à la minute, l'autre à 17 mots 1/2 avec possibilité d'en adjoindre un troisième travaillant également à 17 mots 1/2. Ces trois combinaisons (sauf l'adjonction de transmetteurs supplémentaires) ont donné aux essais tous les résultats prévus.

En choisissant convenablement le nombre des contacts du distributeur et les rapports des vitesses, on pourrait obtenir, d'une façon générale, des combinaisons très variées, répartissant entre plusieurs transmetteurs la capacité totale du trafic de la ligne de transmission.

Dans le cas qui nous occupe, une combinaison très intéressante parce qu'elle permet l'échange de communications dans les deux sens, consiste à sacrifier deux contacts sur cinq pour la propagation et à réserver à une transmission en sens inverse le passage du balai sur les contacts de la cinquième série au départ, une couronne de réception du distributeur de départ recevant les émissions que lance un transmetteur relié à une série de

Digitized by Google

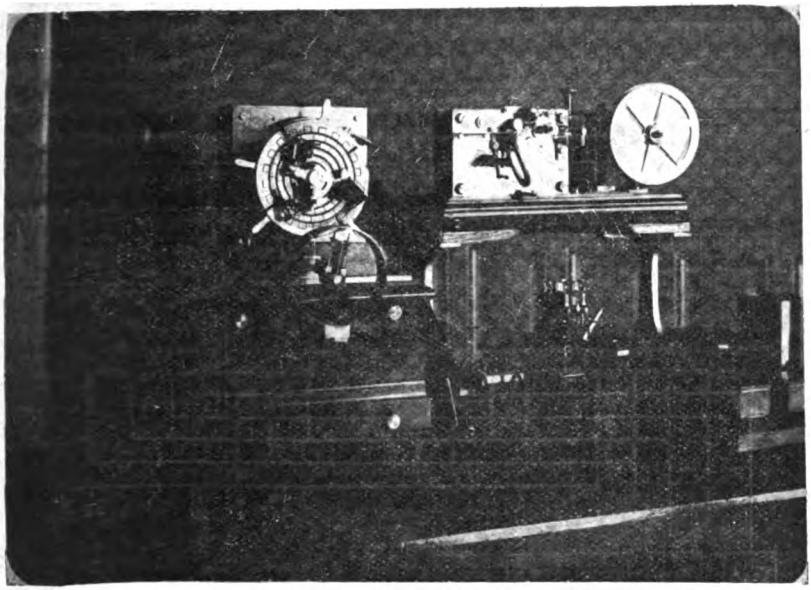


Fig. 2.

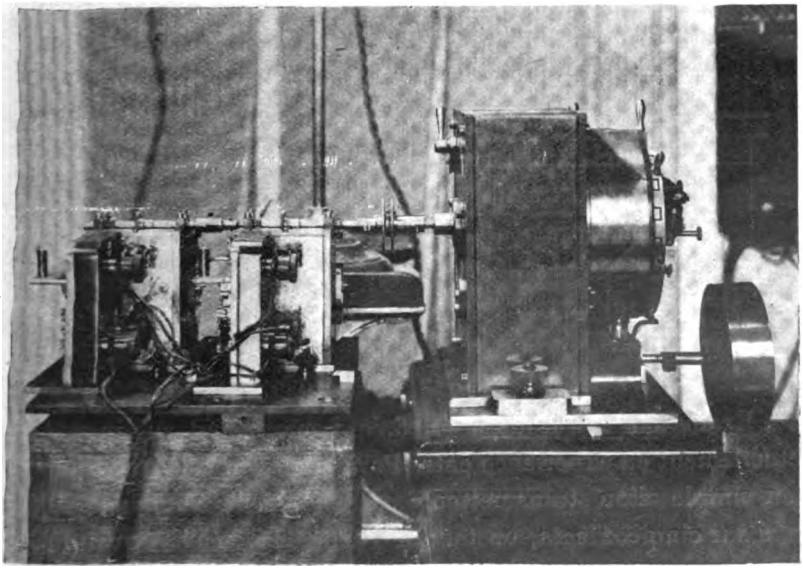


Fig. 3.

Digitized by Google

contacts d'émission du distributeur d'arrivée, comme l'indique le diagramme de la figure 5.

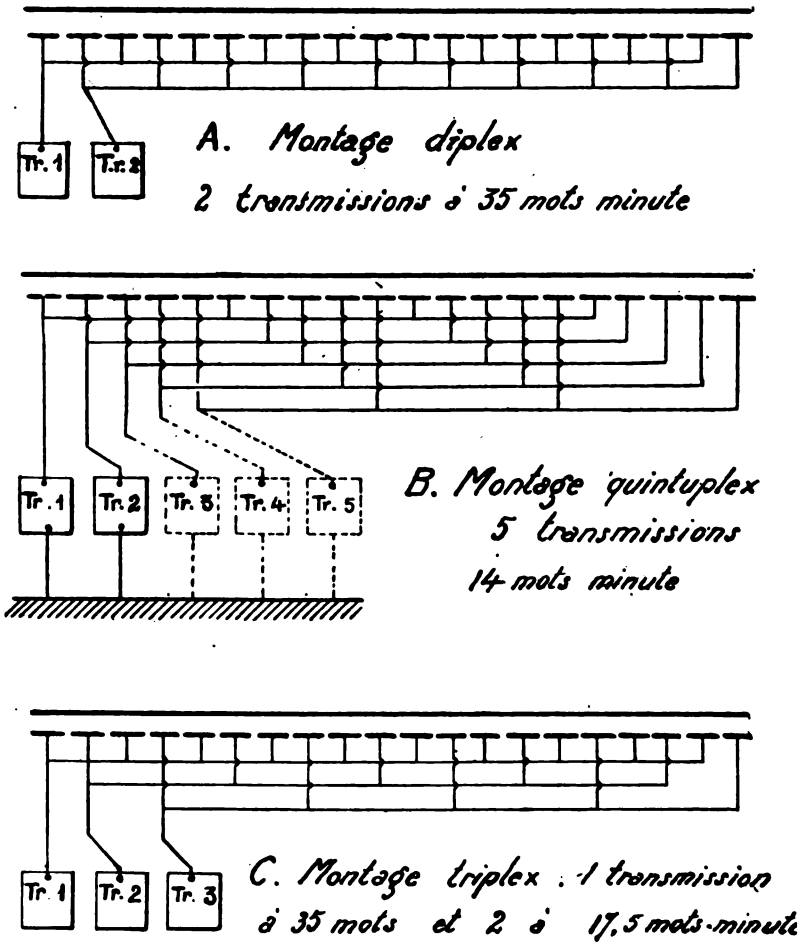
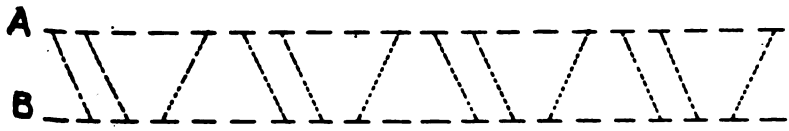


Fig. 4.

Examinons le cas de $n = 5$, qui correspond au montage actuellement en expérience entre Paris et Lyon. Chaque oscillation simple d'un transmetteur correspondant au passage du balai sur cinq contacts, un tour de l'arbre des balais équivaut à 20 contacts, et correspond à quatre oscillations simples, donc à deux tours de l'excentrique provoquant ces oscillations. Sur la

Digitized by Google

figure 6, on a schématisé cette liaison entre les mouvements des trois arbres ainsi que le fonctionnement des balanciers manipulateurs ; les ressorts R symbolisent le jeu systématique des liaisons qui laisse le levier en contact assuré sur l'un ou l'autre des butoirs entre des inversions brusques marquant le début et la fin des signaux (la figure 5 montre le principe de ces liaisons). Le calage entre la roue dentée de chacun des arbres de liaison et le pignon qu'elle commande est réglé de telle sorte, conformément à une nécessité qui a été indiquée plus haut, que lesdites inversions se produisent, pour le transmetteur I relié aux



Fgi. 5. — Service en duplex : deux transmissions de A à B, une transmission de B à A.

contacts 1, 6, 11, 16 au passage du balai sur les contacts intermédiaires 3, 8, 13, 18, et pour le transmetteur II, relié aux contacts 2, 7, 12, 17, au passage du balai sur les contacts intermédiaires 4, 9, 14, 19 ; aucune inversion ne peut ainsi se produire sur un des contacts reliés aux deux transmetteurs.

Quand ceux-ci tournent à vide, le courant s'inverse à chaque oscillation simple. On aura donc, par exemple, à chaque tour du balai, une série d'émissions de ce genre :

Contacts :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sens des courants émis :	+	+				—	—				+	+				—	—			

Il convient d'éviter que la ligne ne reste isolée pendant le passage du balai sur les contacts inactifs ; on a d'autre part avantage à produire des inversions de courant aussi nombreuses que possible pour faciliter la correction. On obtient ces deux résultats et, comme on le verra plus loin, on facilite l'accrochage du synchronisme, en donnant aux contacts 3, 9, 10, 13, 19, 20, réunis ensemble une polarité constante positive aux contacts 4, 5, 8, 14, 15, 18, également réunis ensemble, une polarité cons-

Digitized by Google

tante négative ; la série des émissions pendant un tour des balais devient alors :

Contacts :	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sens des courants émis :	+	+	+	—	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+	+

On aurait un résultat identique dans le montage quintuplex normal en formant trois séries de contacts 3, 8, 13, 18 ; 4, 9, 14, 19 ; 5, 10, 15, 20, et en reliant ces séries respectivement à trois autres transmetteurs à mouvements solidaires de celui du distributeur, de la même manière que pour les deux premiers.

Mode spécial de correction. — Voyons comment se produit la correction et comment s'établit le synchronisme des deux distributeurs. La figure 9 donne le schéma des connexions à l'arrivée. Il s'agit d'établir la concordance entre les battements du relais de ligne qui reproduit l'allure du distributeur de départ et les passages d'un balai spécial du distributeur d'arrivée sur les séparations entre les contacts successifs. On voit facilement que les mouvements de l'armature du relais de ligne RL sont répétés par celle du relai RL' ; mais, ce deuxième relais étant excité par une pile locale, les contacts sur ses butoirs sont mieux assurés que pour le relais de ligne RL. Les deux butoirs sont réunis électriquement, et l'armature, en s'appuyant sur l'un ou sur l'autre butoir, court-circuite l'ensemble des deux enroulements mis en série, mais montés en opposition, du relais différentiel RC ; une pile locale de 20 volts débite à travers une résistance de valeur convenable dans ce court-circuit. A chaque inversion du courant de ligne, l'armature de RL' passe d'un butoir sur l'autre en un temps très court relativement à la durée de l'émission élémentaire, qui correspond à la course du balai de transmission sur un contact. Pendant cet intervalle de temps, une impulsion de courant très brève est lancée dans les enroulements du relais différentiel. L'un des enroulements est shunté par une résistance égale à la sienne propre. On utilise, d'autre part, pour la correction, l'une des couronnes à contacts entiers,

Digitized by Google

la 2e, par exemple, du distributeur de réception : les contacts de cette couronne sont réunis entre eux de deux en deux, de manière à constituer deux séries, dont les éléments sont alternés. Le balai frottant sur cette couronne est divisé en deux faisceaux formant un petit angle, de manière à toucher la couronne en deux points écartés de la demi-longueur d'un contact. Une des séries de con-

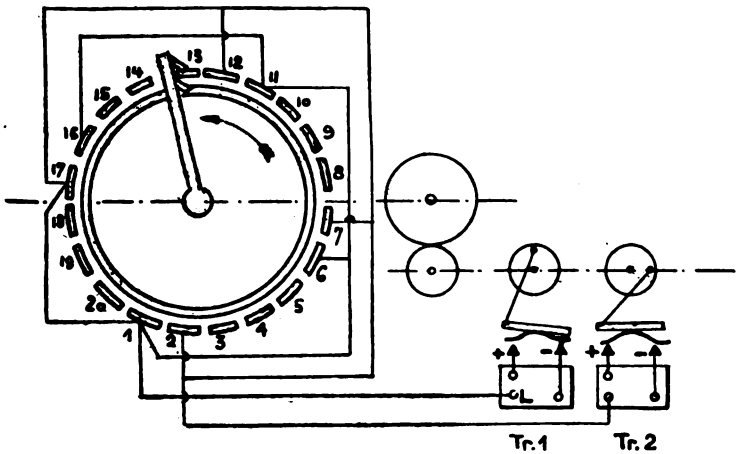


Fig. 6. — Liaisons mécaniques et connexions électriques entre les distributeurs et les transmetteurs.

tacts est réunie au milieu des enroulements du relais différentiel ; l'autre, à l'extrémité de l'enroulement non shunté. Si, au moment d'une inversion du courant en ligne, les deux faisceaux du balai double portent sur un même contact, une impulsion de courant traverse les deux enroulements ; l'enroulement non shunté exerce une action magnétique prépondérante et l'armature se place, par exemple, sur la position de repos. Si, au contraire, l'inversion se produit au moment où le balai chevauche sur deux contacts, l'enroulement non shunté est court-circuité, l'autre enroulement agit seul en sens contraire et porte l'armature sur la position de travail. Cette position commande la fermeture du courant de correction à travers le contact 15 de la couronne non utilisée (3e couronne) et la couronne pleine correspondante (6e couronne). Grâce à l'artifice du balai divisé, M. Hamel a pu éviter l'emploi d'un distributeur spécial, com-

Digitized by Google

portant une couronne formée d'un nombre de contacts double de celui des autres couronnes, comme dans le dispositif de Picard.

Si donc, au moment où une inversion de courant enregistrée par le relais RL est répétée par le relais RL', les deux faisceaux du balai divisé se trouvent sur un même contact, les

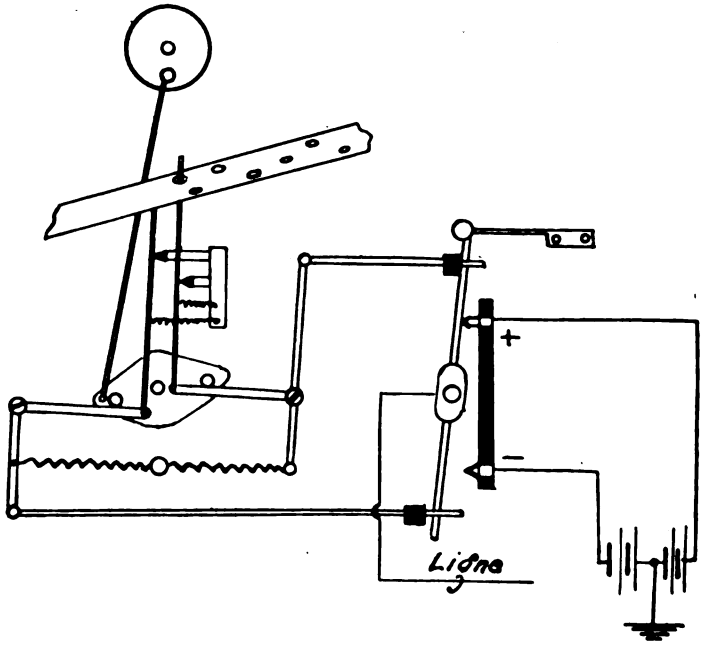


Fig. 7.

deux enroulements du relais RC agissant ensemble, l'armature restera ou sera rappelée sur le contact de repos ; en l'absence de correction, les balais du récepteur prendront une avance progressive sur ceux du transmetteur ; et un peu plus tard, au moment d'une nouvelle inversion de courant, le balai divisé chevauchera sur deux contacts de la 2e couronne, l'enroulement fort du relais RC étant alors court-circuité. L'armature de ce dernier passera sur travail et la correction se produira, au passage du du balai de la 3e couronne sur le contact 15. Si la différence de vitesse entre les deux distributeurs est convenablement réglée, le recul apporté par la correction à l'arbre des balais du récepteur ramènera les deux faisceaux du balai divisé sur un contact

Digitized by Google

unique, au moment de l'inversion suivante ; le relais RC fonctionnera en sens inverse et son armature reviendra au repos, coupant le courant de correction. L'*accrochage* du *synchronisme* pourrait se produire sur l'une quelconque des séparations entre contacts, alors que les inversions émises dans le fonctionnement à vide correspondent exclusivement aux séparations 20 — 1, 5—6, 10—11, 15—16, qui se suivent de cinq en cinq. Pour obtenir une correspondance déterminée entre les séries de contact à la transmission et à la réception, on utilise un commutateur qui permet de ne mettre en jeu sur la 3e couronne de réception que les contacts 20—1, 5—6, 10—11, et 15—16, correspondant aux contacts d'émission, pendant les quelques minutes nécessaires à l'accrochage du synchronisme. Dès que la correction a commencé à battre régulièrement, on ferme le commutateur qui met en circuit tous les contacts de la 2e couronne. Dans le montage actuel, à chaque tour les quatre inversions de réglage se produisent régulièrement, indépendamment du jeu des transmetteurs. Cette mise en circuit n'est donc pas nécessaire ; elle le serait dans le cas d'une combinaison utilisant tous les contacts pour un certain nombre de transmissions ; la correction fonctionnerait alors dans les mêmes conditions de probabilité que sur le baudot-picard. Il y a lieu, dans ce cas, de prévoir l'éventualité où tous les transmetteurs recevraient simultanément une bande blanche et enverraient ainsi tous ensemble du courant de repos. Pour que le distributeur fournisse néanmoins les inversions nécessaires à la correction, il suffit d'inverser, pour un ou plusieurs des appareils, les polarités de travail et de repos.

Orientation. — Un autre réglage doit être effectué : il faut trouver l'orientation correcte des contacts récepteurs par rapport aux contacts de correction.

Pour effectuer ce réglage. on se sert d'un milliampèremètre à zéro médian, dont la sortie est reliée au neutre de la pile locale. Une fois le synchronisme obtenu et la correction battant régulièrement, on relie l'entrée de cet appareil alternativement aux

Digitized by Google

plots de la réglette de coupure connectés aux contacts écourtés 5 et 6, éventuellement isolés pour ce réglage des autres plots de leurs séries respectives ; quand l'orientation est correcte, on doit obtenir des impulsions de sens contraires et d'amplitudes égales, correspondant aux émissions de courants de sens contraires lancées par un des contacts de la série 20, 5, 10, 15 et le contact suivant qui est de la série 21, 6, 11, 16, du distributeur de transmission. Si les déviations relevées sont inégales,

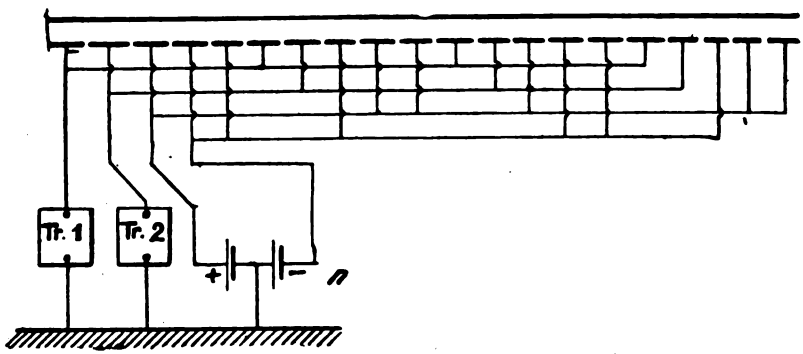


Fig. 8. — Montage Quintuplex n'utilisant que deux transmetteurs.

on déplace progressivement l'ensemble des quatre secteurs mobiles du côté du contact donnant la déviation la plus forte jusqu'à ce qu'on ait obtenu l'égalité cherchée. Ce réglage s'opère une fois pour toutes et se conserve avec une stabilité très satisfaisante tant que les divers relais en jeu restent eux-mêmes bien réglés à l'indifférence avec une bonne sensibilité.

Résultats. — Comme il a été dit plus haut, le service de la T.S.F. a procédé en octobre dernier aux premiers essais sur ligne de ce dispositif. Après des tâtonnements inévitables et des difficultés soulevées pour la plupart par le mauvais état de la ligne servant aux essais, une série de bandes de réception très correctes ont été obtenues à la Doua, l'un des transmetteurs manipulant le mot Paris, l'autre le mot Lyon. En dernier lieu, les deux relais récepteurs RR_1 et RR_2 ont été branchés, l'un sur la commande de l'arc, l'autre sur celle du poste à lampes pendant

Digitized by Google

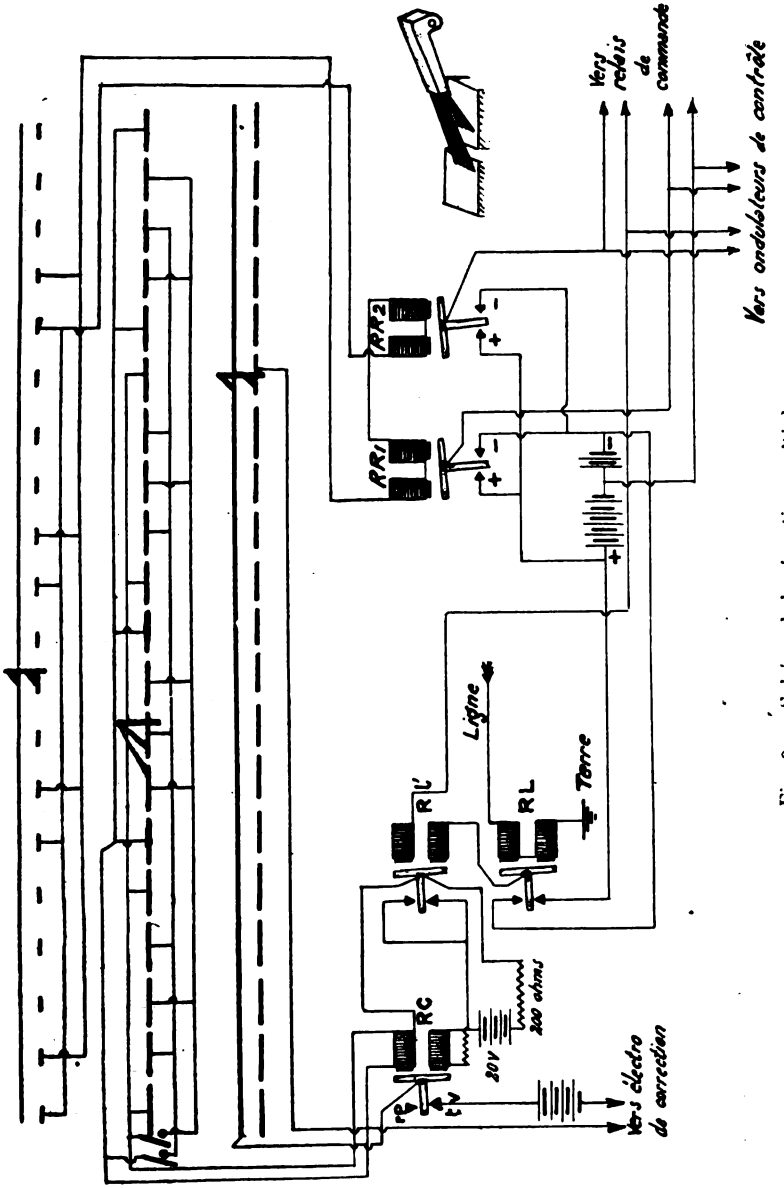


Fig. 9. — Schéma de la réception multiplex.

Digitized by Google

l'heure d'interruption du service radiotélégraphique ; les écoutes de Villejuif et du bureau central radio de la rue Froidevaux ont, pendant une heure, reçu normalement les deux émissions commandées simultanément par le même fil.

Pour la commodité et le meilleur rendement du procédé, il y a lieu de prévoir le remplacement des socles à moteurs à poids dont on s'est servi jusqu'ici par des moteurs à roue phonique actionnés par le jeu d'un diapason. Cela permettra de supprimer la liaison mécanique entre le distributeur et les transmetteurs, qui pourront être mis en jeu, de préférence en montage duplex, avec deux transmissions de Paris à Lyon et une transmission de Lyon à Paris comme il a été dit plus haut. Le service de la T.S.F. se propose d'effectuer cette transformation dès qu'il aura obtenu l'approbation du Comité technique et l'allocation des crédits nécessaires, D'autres expériences seront d'ailleurs dès maintenant réalisées, notamment la transmission multiple sur une même antenne, qui présenterait un très grand intérêt d'exploitation, car les grandes vitesses de manipulation réalisables sont actuellement assez rarement employées, la réception se faisant en général à une allure lente. On pourrait par le procédé multiplex utiliser la pleine capacité de transmission d'une antenne répartie entre plusieurs correspondants qui recevraient à la vitesse ordinaire. L'emploi d'une onde de travail unique (avec ou sans onde de repos) nécessiterait celui de distributeurs en synchronisme. Dans ce dernier cas, le procédé se prêterait sans difficulté notable à la confirmation des signaux élémentaires d'après le système Verdan : il n'y aurait à étudier qu'une disposition convenable des plateaux des distributeurs.

D'une manière générale, sur fil ou sans fil, la transmission multiplex au moyen de distributeurs synchrones offre un avantage tout spécial, celui d'assurer d'une manière à peu près complète le secret des correspondances, les différentes transmissions étant enchevêtrées et illisibles pour tout poste récepteur ne disposant pas d'un distributeur synchrone conforme à celui de transmission.

En radiotélégraphie, aussi bien d'ailleurs que sur ligne, la

Digitized by Google

répartition d'un trafic rapide entre plusieurs transmissions lentes permet le contrôle permanent des télégrammes reçus et par suite la rectification immédiate des erreurs ou des incertitudes. C'est la caractéristique du service effectué par les appareils Baudot ; elle se trouve ainsi étendue au travail en code Morse. Il en est de même pour les combinaisons de postes embrochés ou bifurqués mentionnés au début de cet article.

Le procédé de télégraphie multiplex découvert par M. Hamel présente donc des perspectives d'applications nombreuses et intéressantes.

Dès maintenant, comme premier résultat pratique, il doit assurer, par la commande multiple des postes de T.S.F. de l'administration, une bien meilleure utilisation des fils reliant ceux-ci au bureau central radiotélégraphique. L'avantage économique ainsi réalisé est considérable, car les fils de 500 et 600 kilomètres utilisés pour les commandes des postes de la Doua et de Croix-d'Hins représentent un capital très important immobilisé et dont il convient de tirer le plus haut rendement possible.

Résumé. — Le procédé de télégraphie multiplex objet de cet article a pour but de rendre applicable au trafic en code Morse le principe d'après lequel ont été établis les appareils Baudot ou similaires et qui consiste à subdiviser par un distributeur de départ chacune des communications en éléments de courte durée, à transmettre successivement par le même fil un élément de chacune des communications et à recevoir la série de ces éléments sur un distributeur d'arrivée en synchronisme avec celui du départ de manière à réunir ensemble exclusivement les éléments d'une même communication. Les éléments de subdivision sont, dans le code Baudot, les lettres ; en code Morse, celles-ci étant de longueur inégale, on a pris comme élément de subdivision une partie aliquote du point Morse.

La correction s'obtient comme avec le baudot Picard par l'effet des inversions de courant. L'inventeur du procédé a ima-

Digitized by Google

giné un mode nouveau de correction utilisable sans emploi de distributeurs spéciaux.

Le même procédé peut s'appliquer sans aucune modification au trafic par T.S.F. ; au surplus, dans ce dernier cas, on peut bénéficier d'une simplification très importante, la suppression du distributeur d'arrivée et par suite des conditions de synchronisme, ceci par l'emploi d'une longueur d'onde particulière pour chacune des communications.

Digitized by Google

NOTE AU SUJET DU RÉGULATEUR DOIGNON-MENDONÇA-D'OLIVEIRA,

par R. DUBOIS,
ingénieur au laboratoire du Centre d'études de la marine à Toulon.

Dans le n° de décembre 1925 des Annales des Postes et Télégraphes, *nous avons fait paraître un article donnant la théorie du nouveau régulateur Doignon-Mendonça-d'Oliveira essayé et adopté dernièrement par l'administration des P. T. T., pour l'entraînement et la synchronisation des distributeurs du télégraphe Baudot. Ce régulateur étant de conception très originale et pouvant s'adapter à la régulation d'autres appareils que le baudot, il nous avait semblé utile d'en chercher et d'en développer la théorie. Mais nous sommes malheureusement parti d'un mauvais pied pour l'établissement de cette théorie. M. Dubois, ingénieur au laboratoire du Centre d'études de Toulon, a bien voulu nous signaler son point de vue, qui, à notre avis, est absolument exact. Nous tenons à remercier ici M. Dubois de son aimable collaboration, et c'est en plein accord avec nous qu'il fait paraître la théorie suivante, excessivement simple, et à laquelle nous demandons au lecteur de se reporter.*

Nous espérons ainsi avoir fait la lumière définitive sur cet appareil très original, qui ne manque pas d'être un peu déconcertant, lorsqu'on l'examine pour la première fois, même pour ses inventeurs et le constructeur qui l'a mis au point.

PIERRE DOIGNON,
ingénieur constructeur.

La très intéressante étude théorique du régulateur DOIGNON, MENDONÇA et d'OLIVEIRA, présentée par M. DOIGNON dans les *Annales des P. T. T.* de décembre 1925 (page 1152), contient une erreur initiale de mise en équation qui a faussé les calculs, mais sans modifier très sensiblement les conclusions qualitatives.

Les conditions donnant l'efficacité maximum au régulateur restent les mêmes dans la nouvelle théorie que dans l'ancienne.

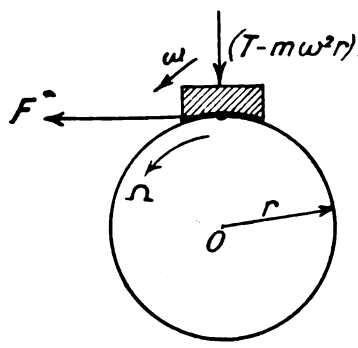
Digitized by Google

Il est cependant utile de rectifier celle-ci parce qu'un des résultats est nettement différent : la vitesse ω du régulateur ne dépend théoriquement pas de celle Ω du moteur : elle ne dépend que du coefficient de frottement et de la grandeur du couple résistant, lorsque la tension du ressort et la masse des frotteurs sont données.

Dans l'ancienne théorie, la vitesse ω dépendait directement de celle du moteur : elle n'était peu variable que parce qu'on faisait fonctionner le régulateur dans une région où la loi de variation présentait une valeur limite, vers laquelle elle tendait asymtotiquement. Nous démontrons au contraire que l'indépendance est théoriquement complète. Pratiquement c'est par l'intermédiaire d'une différence de température, due au fait qu'il faut dissiper plus d'énergie en chaleur quand l'écart des vitesses augmente, que la vitesse ω est très légèrement variable avec Ω. Le coefficient de frottement f est en effet fonction de la température et c'est lui qui réagit un peu sur ω. A ce titre, il pourrait être intéressant de prévoir un refroidissement par ventilation ou l'emploi de matières dont le coefficient de frottement dépende peu de la température.

La nouvelle théorie permet d'expliquer très simplement le fonctionnement de l'appareil, dont elle fera apprécier les remarquables qualités.

Dans la théorie de M. Doignon, il a été exprimé l'égalité suivante (se reporter aux notations de la page 1152) :



T_f = travail de frottement = travail résistant T_r, qui serait correcte en appelant travail de frottement le travail de la force tangentielle F parcourant le chemin ωr par seconde (arbre mené) et non le chemin $(\Omega - \omega)r$ qui est celui qui est dû au glissement de l'arbre mené par rapport à l'arbre menant. Ce travail de glissement correspond à une perte d'énergie en chaleur et non au travail recueilli sur l'arbre mené.

Digitized by Google

La puissance fournie par la poulie menante $\mathcal{P}_M$ est, en remarquant que la force antagoniste est due au frottement du sabot sur le tambour et que le chemin parcouru par seconde est Ωr :

(1) $$\mathcal{P}_M = (T - m\omega^2 r) f \Omega r.$$

Cette puissance se retrouve sous deux formes : une partie représente la puissance utilisée :

(2) $$\mathcal{P}_u = (T - m\omega^2 r) f \omega r ;$$

le complément correspond à la puissance dissipée en chaleur $\mathcal{P}_p$ et constitue à proprement parler un travail perdu : c'est le travail de la force tangentielle le long du parcours de glissement :

(3) $$\mathcal{P}_p = (T - m\omega^2 r) f (\Omega - \omega) r.$$

La conservation de l'énergie est satisfaite :

$$\mathcal{P}_M = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_p.$$

Par définition du couple résistant C, nous avons :

$\mathcal{P}_u = C\omega$, ou : $F_r . r . \omega$ (F_r : force résistante tangentielle).

D'où, à cause de (2) : $\mathcal{P}_u = (T - m\omega^2 r) f \omega r = F_r . r . \omega$,

ou : (4) $$F_r = (T - m\omega^2 r) f.$$

Nous ne sommes passé par l'intermédiaire des puissances que pour montrer où le raisonnement de la page 1152 était incorrect, car la mise en équation est bien plus simple. Il suffit de remarquer que, de toute évidence, la force tangentielle due au frottement est, en régime de vitesse uniforme (supposé implicitement par l'auteur), la seule force fournissant un couple utilisable. Autrement dit, la force résistante F_r s'identifie avec la force tangentielle de frottement F, et l'on doit écrire directement :

(4) $$F_r = (T - m\omega^2 r) f.$$

Discussion. — 1° ω *ne dépend pas de* Ω. — L'arbre mené tourne à une vitesse rigoureusement indépendante de celle de l'arbre moteur, sous réserve :

a) que celui-ci tourne plus vite que lui ($\Omega > \omega$) car le sens du frottement exige cette condition,

Digitized by Google

b) que l'effort résistant F_r soit constant, ainsi que le coefficient de frottement f.

2° *Effet d'une variation du couple résistant.* — On tire de (4) :

$$\omega^2 = \frac{T}{mr} - \frac{F_r}{f.m.r.} \qquad (5)$$

Si le couple résistant est très petit, ω^2 tend vers $\frac{T}{mr}$. Les conditions à remplir pour que la vitesse ω dépende peu de F_r sont celles qui rendent $\frac{F_r}{f}$ petit devant T. La vitesse prend alors la valeur $\omega = \sqrt{\frac{T}{mr}}$ sensiblement. Ceci montre qu'il faut choisir T (tension du ressort) et f (coefficient de frottement) le plus grands qu'ils sera possible de le faire pour que $\frac{F_r}{Tf}$ soit petit.

Comme m et r n'interviennent pas directement et qu'on a : $\omega^2 = \frac{T}{mr}$ (6) lorsque $F_r \ll T.f$, on pourra choisir arbitrairement deux des coefficients ω, m ou r, le troisième résultant de la relation (6).

3° On remarquera que les conditions précédentes rendent en même temps *minimum l'influence de* f, qui peut donc être aussi grand que possible sans que ses variations agissent notablement tant que le couple résistant reste faible.

L'efficacité du régulateur sera d'autant plus grande que les coefficients : $\frac{\partial \omega}{\partial \Omega}$, $\frac{\partial \omega}{\partial F_r}$ et $\frac{\partial \omega}{\partial f}$ seront plus petits.

On a trouvé déjà : $\frac{\partial \omega}{\partial \Omega} = 0$ (indépendance de Ω), ce qui est parfait ; puis on a : $\frac{\partial \omega}{\partial F_r} = -\frac{1}{2\omega f mr}$, ce qui montre qu'il faut f grand et aussi $m\omega r$ grand. Or on a sensiblement : $\omega^2 = \frac{T}{mr}$, d'où : $\omega mr = \frac{T}{\omega}$; donc, si on se donne m et r, il faut ω grand, ce qui exige T très grand ($T = mr\omega^2$) ; si on se donne ω, il faut mr grand, ce qui conduit aussi T grand.

Digitized by Google

Enfin $\frac{\partial \omega}{\partial f} = \frac{1}{2\omega m r} \cdot \frac{F_r}{f^2}$, expression qu'on doit rendre très petite, ce qui conduit aux mêmes conclusions que précédemment, avec, de plus, la nécessité de choisir F_r petit.

Les conclusions pratiques sont donc les mêmes que dans le travail de M. Doignon, quoique plus faciles à dégager.

Procédés pour faire varier la vitesse du régulateur. — Comme on a : $\omega = \sqrt{\frac{T}{mr}}$ sensiblement, on voit que, pour modifier ω, on peut agir sur m, r ou T.

Lorsque l'on fait croître m ou r, ω varie comme $\frac{1}{\sqrt{m}}$ ou $\frac{1}{\sqrt{r}}$.

Si l'on fait varier T, ω variera comme $\sqrt{T}$.

* * *

Note finale de M. Doignon.

Comme l'a montré si bien M. Dubois, la vitesse ω du régulateur est théoriquement constante, lorsque Ω varie de la valeur Ω_1, à partir de laquelle il y a glissement, jusqu'à l'infini. Cette valeur Ω_1 (comme nous l'avons montré dans notre précédente étude) est donnée par l'équation :

$$(T - m\Omega_1^2 r) f' \Omega_1 r = F r \Omega_1 r,$$

f' étant le coefficient de frottement au repos.

Comme f' est plus petit que f (coefficient de frottement lorsqu'il y a glissement), nous passerons donc d'abord de la valeur

$$\omega = \Omega_1 = \sqrt{\frac{T}{mr} - \frac{Fr}{f' m r}},$$

à la valeur définitive $\omega = \sqrt{\frac{T}{mr} - \frac{Fr}{fmr}}$,

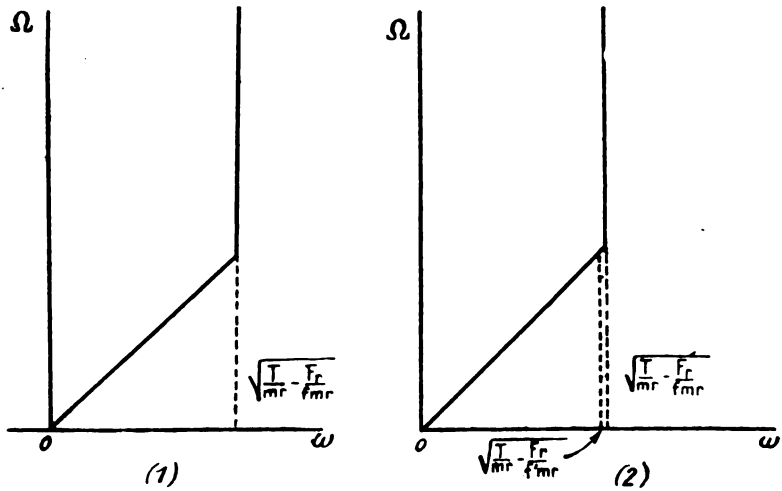
ω étant plus grand que Ω_1.

De plus, le travail perdu en chaleur, $(T - m\omega^2 r) f (\Omega - \omega) r$, augmente quand Ω augmente; l'échauffement augmente également, et de même le coefficient de frottement f augmente du fait du chan-

Digitized by Google

gement de température des surfaces en contact. Donc ω augmentera également : c'est d'ailleurs ce que prouve l'expérience. Cette augmentation de ω avec Ω est excessivement faible, mesurable néanmoins. On peut dire que dω = 0,304 pour une variation de Ω de 100. Cette variation de vitesse est donc si faible, qu'on peut dire qu'en principe ω reste constant.

La courbe ω = f(ω), qui, d'après la théorie, devrait être représentée par (1), est en réalité représentée par (2).



Il est très curieux de remarquer, d'ailleurs, qu'en suivant la théorie de M. Dubois, et en remplaçant les lettres par les chiffres, on retrouve à très peu de chose près les résultats numériques auxquels nous étions arrivé précédemment et qui d'ailleurs concordent avec les résultats des expériences.

Nous ajouterons un dernier mot. La fraction du travail moteur $(T - m\omega^2 r)\, fr\,(\Omega-\omega)$ *étant perdue en chaleur, il est inutile de chercher à obtenir des vitesses Ω trop grandes. Aussi employons-nous des moteurs shunt pour l'entraînement du régulateur, de façon à éviter les grandes vitesses que l'on obtient avec les moteurs série, lorsque le travail résistant demandé est faible. Enfin, comme l'intérêt du régulateur consiste dans ce fait, que l'on fait tourner la poulie folle à une vitesse Ω supérieure à ω (nous prenons Ω = 2ω dans les conditions normales de marche), de façon à permettre une grande variation de Ω sans risquer de faire varier ω, nous voyons tout de*

Digitized by Google

suite que, si nous faisons $\Omega = 2\omega$, *le travail perdu en chaleur* $(T - m\omega^2 r) f r (2\omega - \omega)$ *est égal au travail utile* $(T - m\omega^2 r) f r \omega$. *Par conséquent, avec le régulateur conçu comme nous l'avons fait, on peut dire que le travail perdu en chaleur est égal au travail utile. Dans le cas du distributeur Baudot, il est de l'ordre de 8 à 10 watts. Nous voyons tout de suite que nous ne pourrons pas transmettre de grandes puissances au moyen de ce régulateur, sinon nous arriverions à des dégagements de chaleur assez considérables, qui nuiraient au bon fonctionnement des organes mécaniques, à moins que l'on ne prévoie des dispositifs de refroidissement de la poulie folle, qui compliqueraient de beaucoup l'appareil. C'est une des raisons, pensons-nous, pour lesquelles un appareil conçu à peu près sur le même principe, mais établi d'une façon plus rudimentaire, et qui avait été essayé avant la guerre pour l'entraînement des dynamos d'éclairage par l'essieu des wagons de chemin de fer, n'a pas eu de suites : les pertes en chaleur devaient provoquer des échauffements anormaux, car la puissance transmise devait être de l'ordre de plusieurs chevaux-vapeur.*

A notre avis, pour fonctionner dans de bonnes conditions et conserver toute sa souplesse et sa marge de régulation, cet appareil ne peut convenir qu'aux faibles puissances, de l'ordre d'une fraction de cheval-vapeur.

Digitized by Google

LA PRÉPARATION TÉLÉGRAPHIQUE DES COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES ET LE RENDEMENT DES GRANDS CIRCUITS INTERURBAINS,

Par A. BOUDINET,
Inspecteur à la direction des Services téléphoniques de Paris.

La téléphonie interurbaine, envisagée au point de vue économique, est dominée par deux facteurs principaux : le rendement des circuits, les frais d'exploitation. Tandis que, pour les circuits ne dépassant pas 100 kilomètres, le point capital n'est pas la perte de temps qu'il faut éviter mais les frais de main-d'œuvre qu'il faut chercher à diminuer, pour les circuits d'une longueur supérieure à 100 kilomètres l'amortissement du capital investi et les frais d'entretien font une obligation d'éviter les pertes de temps et subordonnent la main-d'œuvre au rendement. Sur les circuits de longueur considérable, il faut d'autant moins regretter les frais de main-d'œuvre que ceux-ci, toutes proportions établies, ne sont pas comparables à la taxe de l'unité de conversation. Une bonne exploitation interurbaine doit donc s'efforcer d'obtenir le maximum de rendement des circuits, et cela surtout dès qu'ils atteignent une certaine longueur.

La préparation ordinaire des communications, telle qu'elle est prévue par les règlements en vigueur, avec prise de possession de la ligne de l'abonné demandeur ou demandé pendant que s'effectue la communication précédente sur le circuit, ne permet pas d'atteindre le rendement maximum du circuit, parce que les conversations de service échangées à l'occasion des communications retardent la mise en présence des correspondants.

Il y a donc un intérêt essentiel à affecter exclusivement les circuits à l'échange des conversations entre abonnés et des propos de service entre opératrices et abonnés pour réduire au minimum les intervalles de temps qui séparent les conversations taxées. La

Digitized by Google

préparation télégraphique n'a pas d'autre but. Elle consiste à utiliser une liaison télégraphique constituée par l'appropriation au télégraphe d'un circuit réel ou combiné pour échanger au morse, entre des postes correspondants, toutes les communications de service relatives aux conversations qui doivent emprunter le ou les circuits reliant ces postes.

L'emploi de la méthode de la préparation télégraphique sur les grands circuits exige d'excellentes opératrices, très entraînées aux différentes manœuvres que comporte l'établissement des communications, sachant transmettre correctement au morse, et exercées à la lecture auditive. Elle implique en outre, plus que toute autre méthode, la nécessité de toujours confier le même circuit à la même opératrice. L'opératrice spécialisée à un circuit acquiert la pratique de la relation qu'elle dessert, connaît les habitudes et les besoins des usagers de cette relation, les particularités de leurs lignes d'abonnement, toutes conditions qui rendent plus faciles et plus rapides la préparation et la surveillance des communications. Il n'est pas inutile d'ajouter que l'entente qui s'établit entre des correspondantes habituelles est profitable à l'exécution du service. Pour être efficace, la préparation télégraphique doit utiliser un code d'abréviations des expressions les plus courantes ulilisées en téléphonie, dont l'emploi permet plus de rapidité dans la transmission des communications de service. Dans le service international, ce code évite en outre les difficultés résultant de la présence en ligne de deux opératrices d'origine différente.

La méthode à recommander pour l'exploitation des grands circuits intérieurs ou internationaux avec préparation télégraphique consiste à ne confier qu'un seul circuit à la même opératrice, qui est à la fois télégraphiste et téléphoniste.

Lorsqu'il devient nécessaire de faire desservir deux circuits par une même téléphoniste, il est préférable de lui adjoindre une télégraphiste, qui fera la préparation télégraphique pour les deux circuits. Si l'emploi de cette opératrice spécialisée n'est pas possible, la téléphoniste doit faire soi-même la préparation par le télégraphe, dans les limites du temps qui lui est laissé

Digitized by Google

disponible par les manœuvres à faire sur les circuits et les avertissements aux abonnés. Dans les directions où le nombre des circuits est important et où des impossibilités matérielles ne permettent pas d'employer la méthode d'une opératrice par circuit, le service de l'appareil télégraphique sur le conducteur approprié doit toujours être confié à une opératrice spéciale pour un ou deux groupes de circuits.

La préparation télégraphique peut donc être effectuée, suivant les relations interurbaines :

a) par la même opératrice jouant le rôle de téléphoniste et de télégraphiste,

b) par une opératrice spécialisée.

La préparation télégraphique totale comporte la transmission et la réception des demandes de communications, des avis d'appel ou des préavis, des propos de service à échanger à l'occasion de la préparation des demandes (pas libre, non réponse, annulations, transformations d'appel), l'accord de durée dans le régime international, les demandes de rentrée sur le circuit. Le circuit est donc exclusivement utilisé pour les conversations entre abonnés ou entre bureaux et abonnés. Il en est ainsi lorsque l'opératrice téléphoniste-télégraphiste dessert un seul circuit ou lorsque l'opératrice télégraphiste est spécialisée à une position de téléphoniste desservant deux ou trois circuits ou à deux positions de téléphonistes desservant chacune deux circuits. Lorsque l'opératrice téléphoniste-télégraphiste dessert deux circuits, la préparation télégraphique est limitée ; la transmission, la réception des avis d'appel ou des préavis ainsi que les accords de durée, dans le service international, doivent se faire sur les circuits. Dans le cas où une opératrice spéciale est chargée de la préparation au télégraphe pour un ou deux groupes de circuits, les demandes de communications d'arrivée sont inscrites par la télégraphiste sur des tickets différents de ceux qui sont utilisés pour les communications de départ.

La préparation télégraphique impose la numérotation des demandes de communications entre les deux bureaux corres-

Digitized by Google

Emploi du temps d'après la table de contrôle.	LYON.									MARSEILLE.	ROUEN
	L'opératrice dessert un circuit.			L'opératrice dessert deux circuits.			Préparation télégraphique par une opératrice spéciale pour			Préparation télégraphique par la téléphoniste desservant	
	Préparation ordinaire.	Préparation ordinaire avec numérotation.	Préparation télégraphique avec numérotation.	Préparation ordinaire.	Préparation ordinaire avec numérotation.	Préparation télégraphique avec numérotation.	une position à deux circuits.	deux positions à deux circuits.			
							Rendement par circuit.	Rendement de la position.	Rendement par circuit.	un circuit.	deux circuits. (par circuit)	deux circuits.
Coupure et appel par le b^au de départ...	16^s	31^s	11^s	2^m 24^s	2^m 42^s	1^m 57^s	2^m 22^s			1^m 3^s	1^m 47^s	4^m 20^s
Réponse du b^au d'arrivée au b^au de départ.....	1^m 55^s	18^s	48^s	1^m 34^s	1^m 10^s	1^m 28^s	1^m 3^s			9^s	7^s	27^s
Conversations de service.....	1^m 44^s	58^s	52^s	2^m 41^s	1^m 52^s	1^m 9^s	1^m 7^s			29^s	19^s	46^s
Non-réponse des dem^rs et dem^es.....	2^m 58^s	2^m 12^s	2^m 48^s	2^m 43^s	3^m 48^s	5^m 24^s	5^m 21^s			1^m 12^s	3^m 2^s	2^m 16^s
Engagement des conversations.....	4^m 12^s	4^m 56^s	4^m 39^s	5^min	4^m 17^s	4^m 27^s	3^m 26^s			4^m 16^s	3^m 1^s	3^m 49^s
Utilisation horaire du circuit.....	48^m 55^s	51^m 5^s	50^m 40^s	45^m 31^s	46^min	45^m 34^s	46^m 41^s	97^m 42^s	48^m 51^s	52^m 50^s	51^m 42^s	48^m 16^s
Nombre d'unités.....	20	20	20	18,25	18,5	17,75	19,33	37,75	18,87	21	21	20,5

Digitized by Google

pondants. Le numéro d'ordre, pair ou impair suivant le sens des demandes, qui servira à désigner ultérieurement la communication sous une forme abrégée, est attribué à toute demande de communication, par le bureau d'arrivée, au moment où il reçoit cette demande.

Les expériences d'exploitation faites à la fin de 1924 au poste central interurbain sur quelques grands circuits interurbains au départ de Paris, ont donné les meilleurs résultats lorsque la préparation télégraphique était utilisée. Sur les circuits de Lyon, où le mode d'exploitation normal comporte la préparation ordinaire, le rendement a pu être faussé par le fait que les opératrices de Paris et de Lyon n'avaient pas l'habitude de la préparation télégraphique ; mais sur les circuits de Marseille, Rouen et Roubaix, qui utilisent habituellement cette préparation, les rendements obtenus peuvent être considérés comme concluants.

Le tableau ci-contre indique les résultats les plus intéressants obtenus au cours des essais dont il vient d'être parlé. Toutes les indications de temps ont été chronométrées par la table de contrôle : elles doivent être considérées comme rigoureusement exactes.

La remarque suivante paraît indiquée : la durée horaire des conversations de service, qui avait été de $1^{min}44^{s}$ pour un seul circuit exploité avec Lyon, par la même opératrice, avec la méthode ordinaire, n'était plus que de 52^{s} avec la méthode de la préparation télégraphique. Avec Rouen, cette durée n'atteignait que 46^{s} ; avec Marseille, 19^{s} seulement. C'est donc un gain de temps de $1^{min}\,25^{s}$, correspondant à une demi-unité de conservation. Cette demi-unité représente une augmentation de recettes horaire de $10^{f},50 : 2 = 5^{f},25$ sur un circuit de Marseille ; de $6^{f} : 2 = 3$ francs sur un circuit de Lyon.

La préparation télégraphique effectuée par une opératrice spéciale pour une ou deux positions de téléphonistes exige, comme conditions essentielles d'un bon rendement, une harmonie complète entre la télégraphiste et la ou les téléphonistes et un degré avancé de spécialisation du personnel. Ces

Digitized by Google

conditions peuvent être réalisées très rapidement, témoins les résultats acquis dans l'exploitation des circuits de Paris—Roubaix, au nombre de cinq, répartis sur deux tables interurbaines dont les téléphonistes sont secondées, au départ de Paris principalement, par une télégraphiste. Des renseignements statistiques communiqués par le poste central interurbain, il ressort que, si l'on compare le rendement journalier atteint sur les circuits de Roubaix au cours de différentes journées où la physionomie du trafic a été comparable en tous points, on trouve une plus-value variant de 60 à 75 communications (sur les cinq circuits) en faveur des journées pendant lesquelles la préparation télégraphique a été utilisée : ce mode d'exploitation, qui occasionne une dépense journalière d'environ 60 francs (traitement moyen et indemnités de deux dames employées), produit par contre une augmentation de recettes qu'il n'est pas téméraire d'évaluer à un minimum de $3^{f},75 \times 60 = 225$ francs. Le même mode d'exploitation a donné avec Lyon une utilisation efficace horaire de $48^{min}\ 51^{s}$ par circuit, et près de 19 unités de conversation.

La préparation des communications avec emploi de la méthode de la ligne d'appel implique la prise préalable de la ligne de l'abonné (demandeur ou demandé) avec une attente imposée entre l'instant où la communication est annoncée et celui où cette communication est effectivement établie. La ligne de l'abonné doit donc rester bloquée pendant le temps qui s'écoule entre la préparation et le commencement de la conversation ; de plus, une communication par circuit doit toujours être préparée d'avance.

La préparation télégraphique, faite soit par la téléphoniste elle-même, soit par une télégraphiste spéciale, permet donc d'obtenir une augmentation de rendement appréciable des grands circuits téléphoniques interurbains ; les résultats acquis au cours des essais effectués, de même que ceux qui sont enregistrés journellement, confirment l'excellence de la méthode.

Dans le but de fixer les règles rationnelles à observer dans la préparation télégraphique des communications sur les circuits

Digitized by Google

internationaux, la délégation française à la commission permanente du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance a soumis un avant-projet de règlement établi par la direction des Services téléphoniques de Paris d'après les avis formulés par différentes administrations et à la suite d'études pratiques faites au bureau central téléphonique interurbain de Paris.

Il serait désirable qu'une réglementation analogue intervînt dans le service intérieur français et rendît l'emploi de la préparation télégraphique obligatoire sur nos grands circuits interurbains pendant le service de jour, chaque fois que la charge imposée aux opératrices n'y ferait pas obstacle.

Digitized by Google

CONSTRUCTION DE GALERIES SOUTERRAINES PAR INJECTION DE MORTIER,

Par J. MAILLEY,
Ingénieur des Postes et Télégraphes,
et J. DIJONNEAU,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

L'administration des P.T.T. vient de terminer, à Paris, la construction d'une longue galerie téléphonique souterraine, reliant le central « Interurbain » au rond-point de la Villette. Un lot d'environ 600 mètres de cette galerie, rue de la Grange aux Belles, a été exécuté par un procédé nouveau, dû à M. Bonna, mis en œuvre par les établissements Bonna, et qui paraît présenter un intérêt tout particulier.

Ce procédé consiste essentiellement à refouler, à l'air comprimé, du mortier de ciment préparé à l'extérieur, entre le coffrage de soutènement des terres et les parois d'un moule métallique ayant le gabarit intérieur de la galerie, de manière à constituer simultanément, par injection de mortier, les piédroits et la voûte de la galerie.

Le principe du travail est le suivant. On fonce d'abord les puits de service comme dans le cas de la galerie ordinaire en meulière et l'on attaque le sol horizontalement pour obtenir la section extérieure nécessaire. Au fur et à mesure de l'avancement, on boise pour soutenir les terres, en maintenant les planches de boisage par des cerces en fer en U replié (fig. 1). Dans la galerie de la rue de la Grange-aux-Belles, les cerces étaient distantes de $1^{m},70$ en terrain dur et 85^{cm} en terrain moins dur. Dans des passages particulièrement mauvais, comme il en a été rencontré vers la place du Combat où la galerie traversait d'anciennes carrières souterraines de gypse, on employait des cerces plus rigides (fig. 2), encore formées d'aciers profilés

Digitized by Google

assemblés et soudés de manière à former un arceau en poutre à treillis.

La galerie étant creusée et boisée, on exécutait le radier qui immobilisait et butait le pied des cerces. Ce radier était terminé à droite et à gauche par deux amorces des piédroits d'en-

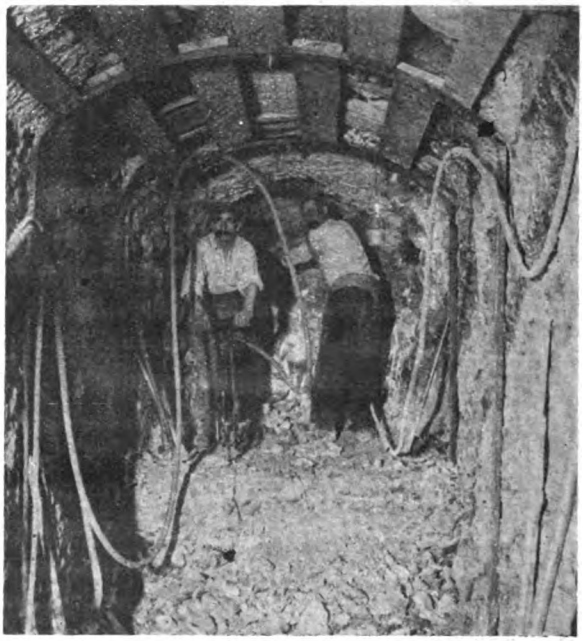


Fig. 1.

viron 10 centimètres de haut, dont la partie supérieure, légèrement inclinée vers l'extérieur, était laissée brute. Ces deux rebords étaient destinés à buter la base des moules que l'on venait poser ensuite.

Chaque moule était constitué par l'assemblage de quatre ou cinq moules élémentaires ou coquilles de $1^{m},25$ de long, mis bout à bout. Chaque coquille se composait de trois pièces : deux piédroits et un voutain (fig. 3). Chaque élément de la coquille était formé d'une tôle de 3 millimètres bordée de cornières et raidie par des profilés. On mettait d'abord en place les

Digitized by Google

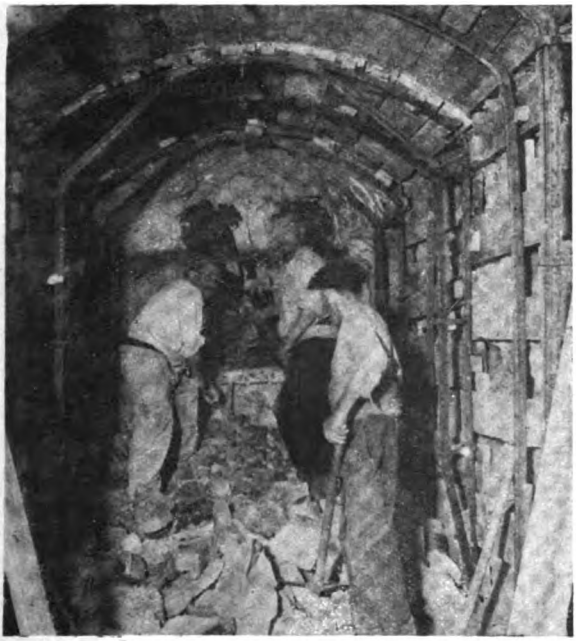


Fig. 2.

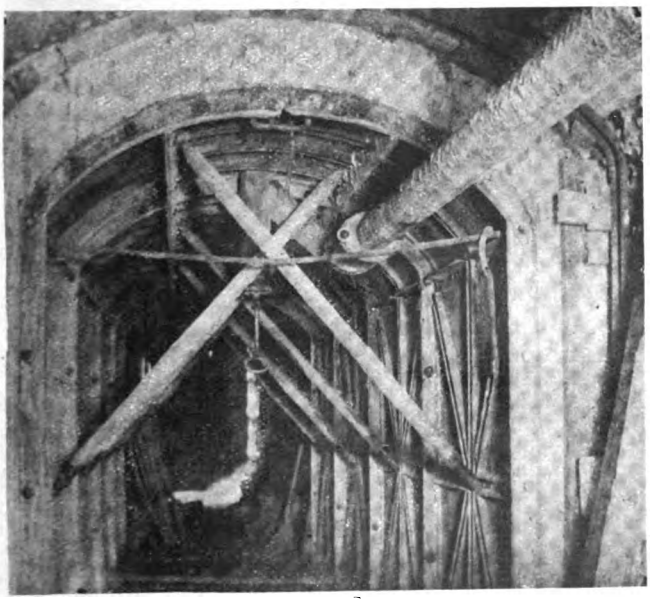


Fig. 3.

Digitized by Google

piédroits, puis le voutain, et l'on assemblait les trois éléments au moyen de boulons. L'ensemble de l'élément était consolidé par les béquilles inclinées à 45°, travaillant à la compression.

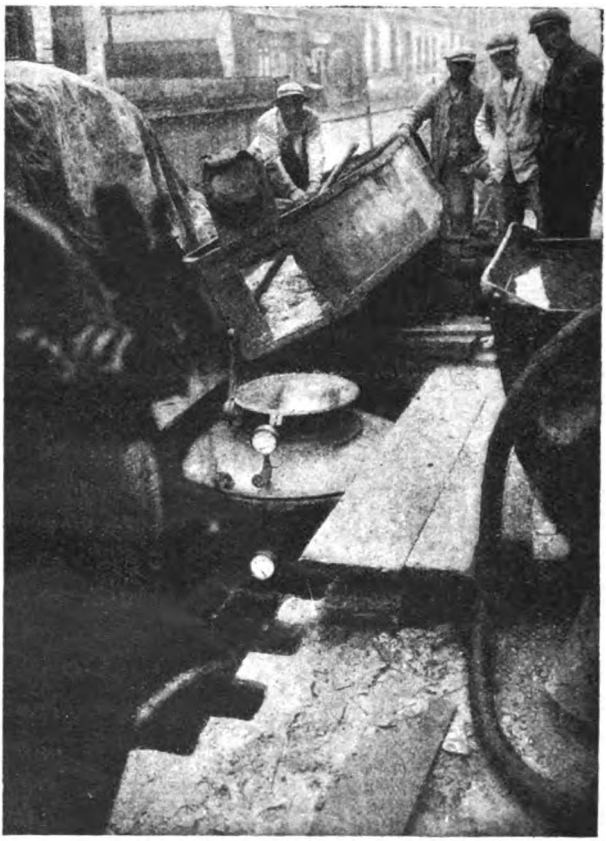
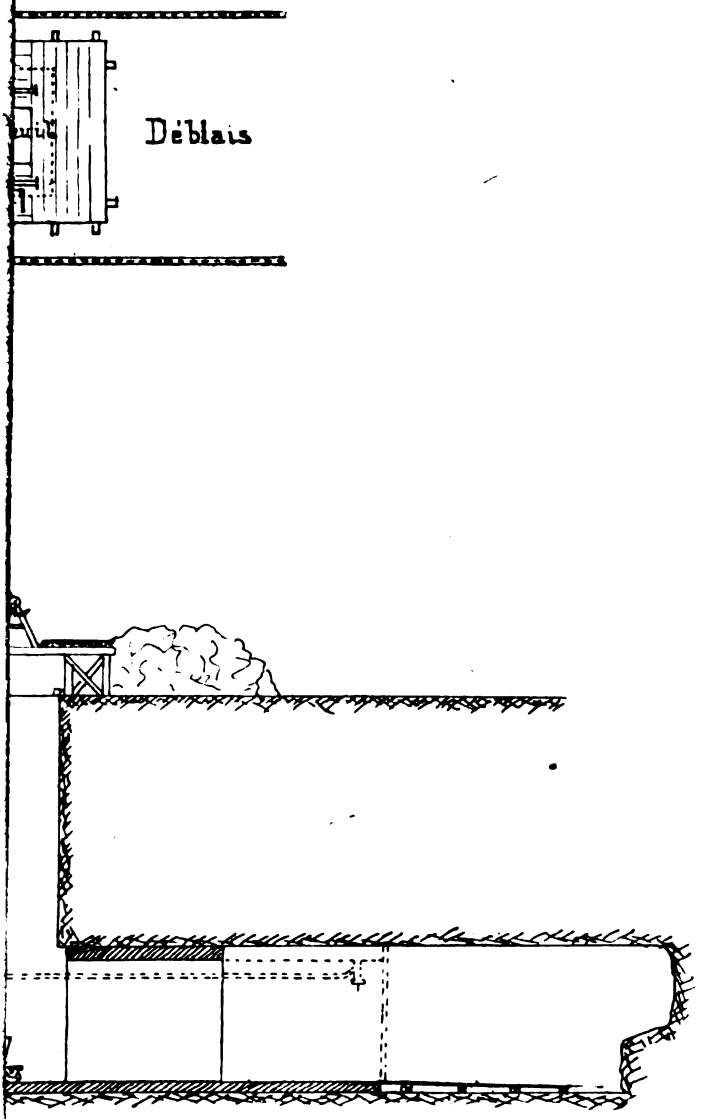


Fig. 4.

La première coquille était montée en arceau ; on en mettait une deuxième à côté, qui se fixait à la première par des boulons reliant les cornières de bordure, et ainsi de suite. Aux deux extrémités, on montait une pièce de bois fermant le vide qui existait entre le sol et la coquille. Ce têtier était à cet effet boulonné sur la cornière d'extrémité, et entre le sol et lui on bourrait à coup de maillet de l'étoupe ou de vieux chiffons. On avait

Digitized by Google



buits.

Digitized by Google

Digitized by Google

réalisé ainsi un espace clos qui, plein de béton, formait les parois de la galerie.

Sur la chaussée, vers le puits de service servant à l'extraction, était disposé le compresseur d'air comprimé et son réservoir, le malaxeur et la machine servant à refouler le béton.

Le compresseur, de type courant, était actionné par un

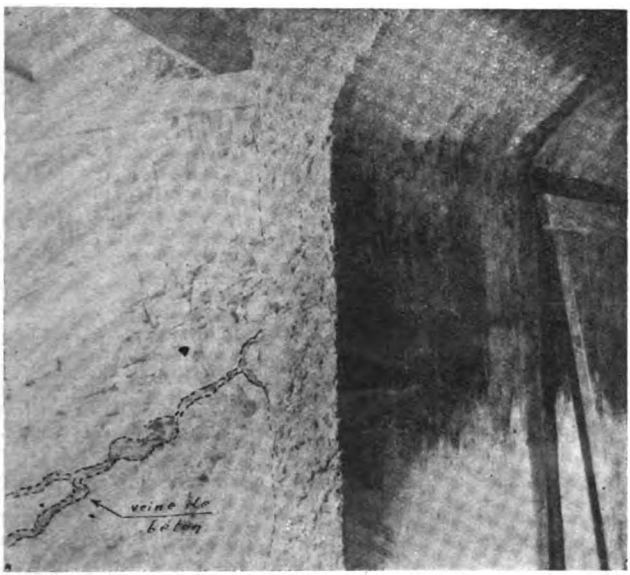


Fig. 5.

moteur à essence de 20 C.V., et maintenait, dans un réservoir d'un mètre cube de capacité, une pression de 4 à 5 kilogrammes, fournissant aussi l'air comprimé aux marteaux pneumatiques travaillant au front d'attaque.

Ce réservoir communiquait, par des tuyaux munis de robinets, au transporteur de béton communément appelé « toupie » sur le chantier (fig. 4). Ce réservoir a, en effet, la forme conique d'une toupie. Le mortier liquide est versé à l'intérieur par une ouverture située au sommet, et l'on referme ensuite. La pointe de la toupie est prolongée par un tuyau d'acier qui va jusqu'au moule situé dans la galerie. Ce tuyau, de 10 centimètres de diamètre, peut faire plusieurs coudes et avoir une longueur impor-

Digitized by Google

tante ; il est formé d'éléments d'ordinaire droits de 6 mètres de longueur, assemblés par des brides avec joints de caoutchouc ; un jeu d'éléments de taille différente et de coudes permet de suivre les contours que l'on désire. Au sortir du transporteur, le tuyau se relève d'abord jusqu'au-dessus du niveau du mortier avant de se retourner pour plonger ensuite dans le puits de service. La toupie étant pleine et le clapet d'introduction supérieur, on manœuvre les deux leviers d'admission de l'air comprimé ; le premier commande un jet d'air comprimé soufflant à la manière d'un giffard dans le béton à la base de la toupie ; le deuxième produit une admission d'air comprimé sur la surface libre du béton pour l'appliquer vers le bas. On suit la marche de l'opération à l'aide d'un manomètre placé sur la toupie. Le béton est lancé avec une grande vitesse dans les tuyaux et se répartit à l'extérieur du moule. En fin d'injection, il se produit un véritable coup de bélier, qui comprime le béton sur lui-même et correspond à un excellent pilonnage. C'est pour résister du reste aux fortes pressions de la fin de l'injection qu'il a été nécessaire de prévoir les renforcements du moule. Le mélange employé était de 450 kilogrammes de ciment Portland par mètre cube de sable.

Le décoffrage s'effectuait rapidement, même au bout de 24 heures, la maçonnerie n'ayant au début aucun effort à supporter, puisque les cerces maintenaient le terrain. Pour couler une deuxième série, on procédait de même, sauf que l'un des têtiers était supprimé ; on s'appuyait d'un côté sur la galerie déjà coulée pour monter la première coquille.

L'expérience a montré que l'on obtient des parois très homogènes, extrêmement compactes. Ces parois apparaissent, par leur compacité même, comme très résistantes aux infiltrations. Les parois intérieures étant absolument lisses et les infiltrations n'étant pas à craindre, les enduits intérieurs ont été supprimés. Le procédé possède l'avantage de fournir une consolidation naturelle du terrain environnant, qui présente beaucoup d'intérêt. Le béton injecté sous pression se moule admirablement sur le terrain comme sur les coquilles et fait parfaitement

Digitized by Google

corps avec lui. On a trouvé, lors de la construction des galeries d'accès, des veines de béton dans les fissures du terrain jusqu'à $1^{m},50$ des parois. Le procédé supprime donc les injections que l'on est obligé normalement d'effectuer après construction dans les galeries construites en meulière. Il peut en résulter toutefois une consommation supplémentaire de mortier non négligeable :

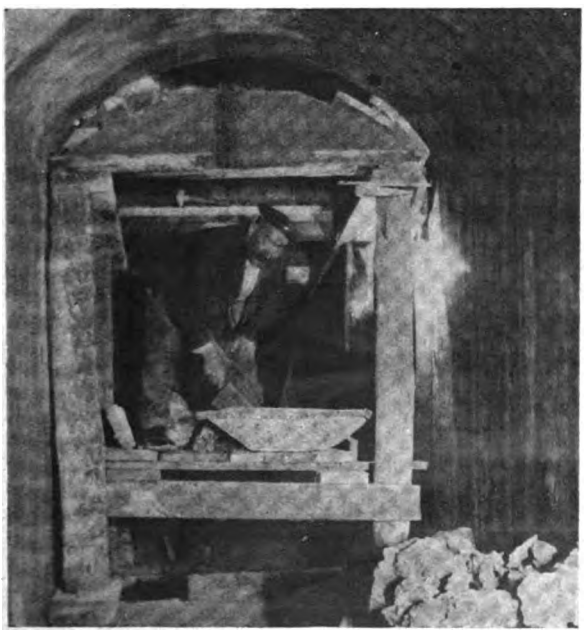


Fig. 6.

il est arrivé qu'au lieu de refouler la quantité normale de 6 mètres cubes correspondant au moule, on a dû en refouler près d'une moitié en plus.

Le procédé fournit des maçonneries présentant une grande résistance aux actions chimiques des eaux extérieures. L'action chimique n'est, en effet, que superficielle et se limite par conséquent d'elle-même.

Dans certains cas, on est amené à renforcer la construction des galeries par augmentation de l'épaisseur des maçonneries ou

Digitized by Google

par armature des radiers. Le système se prête avec la plus grande facilité à ces renforcements. Les cerces renforcées fournissent les armatures transversales. Il suffit d'ajouter des barres longitudinales ; le tout se trouve enrobé dans le mortier refoulé. On peut également armer le radier comme d'ordinaire ; on peut ainsi organiser la galerie entière de manière que celle-ci forme

Fig. 7.

une poutre creuse en béton armé de $2^{m},50$ de haut dont les cerces sont les étriers.

L'implantation de puits de service, gênant la circulation, présente souvent à Paris de grandes difficultés. Étant donné la possibilité de refoulement du béton jusqu'à 150 et 200 mètres de la toupie et la possibilité d'évacuation des terres sous les boucliers pendant les injections mêmes (voyez la comparaison de l'encombrement du procédé ordinaire et du procédé par refoulement sur les figures 6 et 7), il est possible de diminuer le

Digitized by Google

nombre des puits de service, qui se trouvent espacés de 50 ou 60 mètres dans le procédé en meulière, et de mieux adapter la position de ceux-ci aux exigences de la circulation.

Un essai du procédé sur plus grande échelle va être entrepris incessamment sur une longueur de 1.200 mètres dans la galerie de l'avenue Daumesnil.

Digitized by Google

SUR L'EMPLOI DES MESURES DE CAPACITÉ POUR RECHERCHER ET LOCALISER LES RUPTURES DE CIRCUITS,

Par V. PONS,
Rédacteur, élève à l'École supérieure des Postes et Télégraphes.

Lorsqu'une solution de continuité se produit sur un circuit téléphonique, soit par rupture d'un conducteur, soit par toute autre cause, il n'existe actuellement, dans les stations de mesures, aucun moyen technique de localiser le défaut. On se sert d'un procédé empirique : après s'être assuré que le dérangement est sur la ligne, on envoie un facteur surveillant « boucler » le circuit au milieu de son parcours; on a ainsi deux sections plus courtes. On fait ensuite boucler au milieu de la section défectueuse, et ainsi de suite. On se rapproche ainsi du point de dérangement.

Ce procédé présente un inconvénient sérieux. Si la distance entre deux postes de coupure est grande et si les moyens de communication sont malaisés, la recherche du dérangement peut se prolonger plusieurs jours, entraînant un manque à gagner important.

En ce qui concerne les circuits municipaux et les circuits d'abonnés, il serait intéressant de savoir à l'avance si l'isolement est en ligne ou dans l'installation, si c'est une rupture de fil ou un fusible brûlé, afin d'envoyer un monteur ou un surveillant muni du matériel approprié.

Cette lacune a toujours préoccupé les agents du service des mesures, et plusieurs ont essayé d'y pourvoir avec les moyens dont ils disposaient. La circulaire ETP du 4 avril 1922, insérée au bulletin n° 10 de 1922, enregistre un procédé permettant d'effectuer une mesure de capacité par la mesure

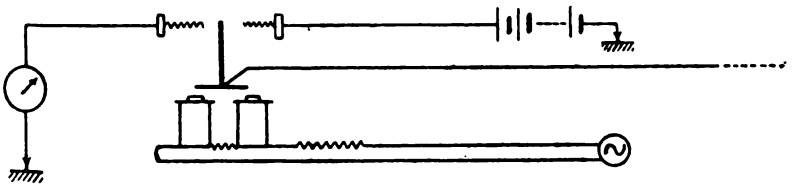
Digitized by Google

du courant de charge. Malheureusement, le courant de charge dure trop peu, et la lecture de l'élongation est extrêmement difficile. Aussi cette méthode ne peut-elle donner de résultats un peu précis qu'à des agents particulièrement habiles et entraînés.

Il y a quelques années, M. Voisenat, ingénieur en chef, nous avait conseillé une méthode simple et pratique qui donna d'excellents résultats. Nous l'avons utilisée avec succès à Lyon-Barre, et c'est cette méthode que j'expose ici.

Le principe est le même que celui ci-dessus. Pour un conducteur homogène isolé, l'intensité du courant de charge est proportionnelle à la longueur du conducteur. Dans la pratique, il est préférable d'observer le courant de décharge.

Le conducteur à mesurer est amené au massif d'un relais Baudot. Le plot de travail est relié à une pile (1) dont un pôle est à la terre; le plot de repos, à la terre à travers un galvanomètre ou mieux un milliampèremètre. L'électro est actionné ar un courant alternatif, par exemple le courant industriel, en ayant soin de mettre en série une résistance suffisante.



Si l'on emploie du courant à 50 périodes, on voit que la ligne se charge pendant une demi-période et se décharge pendant la demi-période suivante à travers le galvanomètre. L'aiguille de celui-ci ne revient pas au zéro à cette fréquence. On peut donc effectuer une lecture très précise.

On fait ensuite la même mesure sur un conducteur sain ayant le même calibre, le même parcours, et autant que possible une position voisine sur les appuis. Le rapport des intensités étant égal au rapport des longueurs, on obtient immédiatement

(1) La pile doit être assez forte pour que l'élongation soit suffisante.

Digitized by Google

la distance du défaut, à condition, bien entendu, que les conducteurs soient homogènes sur tout leur parcours. Dans la pratique, il est rare qu'il en soit ainsi. Les circuits quittent le bureau en câble. Or la capacité des câbles est beaucoup plus grande que celle des fils aériens. Il est donc bon d'établir à l'avance des références. On déduira, des chiffres obtenus dans les mesures, la valeur du courant de décharge correspondant au câble seul.

Et, si l'on a soin de profiter de toutes les occasions de faire une mesure et de noter chaque fois les résultats, on arrive à établir des références suffisantes pour éviter d'avoir besoin de faire une mesure de comparaison. La construction de nouveaux circuits, les remaniements de ligne sont utiles pour cela; mais encore faudrait-il que les équipes se missent en liaison régulièrement avec les services de mesures.

Nous avons vu qu'il était préférable d'utiliser le courant de décharge. En effet, si le conducteur est en perte, le courant de perte se superposerait au courant de charge. Dans quelle mesure les pertes influent-elles sur les résultats? L'expérience nous a montré que, lorsque la résistance de la dérivation de perte est considérable par rapport à la résistance du circuit, la variation du courant de décharge est négligeable.

La position du circuit sur les appuis modifie la capacité du circuit par rapport au sol et la capacité par rapport aux autres conducteurs. Dans quelle mesure ces variations doivent-elles entrer en ligne de compte? On peut calculer l'une et l'autre. La capacité linéaire d'un fil par rapport à un plan est donnée, en centimètres, par la formule :

$$C = \frac{1}{2L\dfrac{d+\sqrt{d^2-r^2}}{r}},$$

d étant la distance du fil au sol, et r le rayon du fil.

On peut voir aisément que la différence de capacité entre deux fils situés sur deux traverses différentes est extrêmement faible.

Il en est de même pour la capacité entre conducteurs.

Digitized by Google

Pratiquement, jusqu'à 100 kilomètres, on peut considérer la capacité linéaire d'un conducteur de calibre donné comme constante dans une même nappe, et même dans des nappes différentes mais de densités équivalentes. Nous en avons fait mainte fois l'expérience. Un de mes collègues avait établi pour chaque calibre la capacité kilométrique (exprimée en valeurs d'intensité de courant, avec une batterie de charge déterminée). Me basant sur ses chiffres, j'ai pu mesurer un jour, à 10 mètres près, la distance d'une rupture, sans fil de comparaison. Le même collègue a obtenu lui-même des résultats encore plus nets.

Une telle précision n'est que rarement nécessaire. Sauf quand on travaille sur un câble, il suffit en général que l'on ait une idée assez nette du lieu du dérangement pour que le surveillant n'ait pas à effectuer un long parcours à pied.

D'autre part, l'emploi de cette méthode est simple, sans danger pourvu qu'on ait eu la précaution de s'assurer que le fil est suffisamment isolé pour ne pas court-circuiter purement et simplement la pile par la terre. Cette remarque fera sourire mes collègues des Mesures ; c'est pourtant la grande objection faite à l'emploi de cette méthode.

Je dois signaler encore une autre application intéressante qu'il nous fut permis de faire de ce procédé. Nous avions à examiner un circuit très fritureux dans notre section. Les essais réglementaires ne décelaient rien, la résistance était normale à la boucle, l'isolement kilométrique était plus que suffisant. Mais, en mesurant séparément la capacité de chaque conducteur, on trouva une forte différence entre les deux fils. La conclusion s'imposait : notre circuit était mêlé avec un autre fil bien isolé, en l'espèce un circuit en construction.

A plusieurs reprises, des défauts de cette nature furent localisés de la même façon, ainsi que des isolements intermittents.

En résumé, nous avons, par cette méthode, obtenu d'excellents résultats ; elle a diminué la durée moyenne des dérangements, économisant ainsi, sans dépense supplémentaire, des sommes appréciables pour l'administration.

Digitized by Google

MESURE ABSOLUE DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT DES RELAIS AU MOYEN DU GALVANOMÈTRE BALISTIQUE,

Par S. REYBAUD,
Sous-ingénieur des Postes et Télégraphes.

Les relais utilisés dans les différents systèmes de téléphonie ont une importance capitale ; ils doivent être l'objet d'une étude approfondie, car le bon fonctionnement d'une installation en dépend.

Dans de nombreuses circonstances, on est obligé d'avoir recours à des relais fonctionnant dans des limites de temps déterminées. Certains doivent fonctionner dans un temps relativement court, tandis que d'autres doivent être notablement « retardés ».

Dans les différents cas où ils sont utilisés, citons :

1° Le système de comptage automatique de conversations Thomson-Houston. Ce système comporte deux relais : l'un, « retardé », fonctionne lorsque l'opératrice répond à l'abonné demandeur ; l'autre fonctionne à la réponse de l'abonné demandé et supprime par son fonctionnement l'alimentation du premier. Le circuit du compteur de l'abonné demandeur est fermé pendant le temps où les deux relais se trouvent simultanément sur leur position de travail.

La durée de l'émission du courant qui doit provoquer le fonctionnement du compteur est donc égale au temps qui sépare l'instant où le premier relais n'est plus alimenté et l'instant où son armature quitte son contact de travail. On voit immédiatement l'intérêt qu'il y a à pouvoir mesurer ce temps, afin d'obtenir des relais méthodiquement étudiés et de déterminer leur réglage optimum.

2° Dans certaines installations télégraphiques et radiotélé-

Digitized by Google

graphiques, on utilise une série de relais commandés les uns par les autres pour l'émission des signaux. Il est très intéressant, dans ce cas, de connaître à la fois le temps de fonctionnement de chaque relais et le décalage en temps qui existe entre les différents points du groupe de relais pour tendre vers un réglage optimum qui apportera le moins de déformations aux signaux transmis.

Certaines méthodes électro-mécaniques permettent de déterminer le temps de fonctionnement d'un relais, mais elles ont l'inconvénient de nécessiter une installation que possède rarement un laboratoire.

Parmi celles-ci, citons par exemple l'emploi du distributeur Baudot. Par un de ses contacts, on envoie un courant dans l'enroulement du relais à étudier, lequel, par le jeu de son armature, ferme le circuit d'un téléphone branché sur un contact mobile. Par déplacement convenable de ce contact, on trouvera le point de fonctionnement. Le quotient de l'arc qui sépare le contact d'émission du contact de réception par la vitesse angulaire du distributeur nous donnera le temps cherché.

Nos recherches pour la mesure de ces temps nous ont permis de trouver une méthode relativement simple et pratique dont les résultats sont des plus satisfaisants. Elle se prête facilement à un grand nombre de variantes, applicables à chaque cas particulier.

Cette méthode est basée sur le principe suivant.

La charge q, que reçoit un condensateur de capacité C placé dans un circuit de résistance R pendant un temps t, est donnée par l'équation :

$$q = Q\left(1 - e^{-\frac{t}{CR}}\right). \qquad (1)$$

Si l'on réalise un schéma tel, que le condensateur se charge partiellement pendant le temps que l'on veut mesurer, la mesure de q permettra de calculer le temps correspondant.

En appelant T le temps au bout duquel le condensateur a acquis les 63/100 de sa charge totale, la mesure n'est possible que si l'on a :

$$0 < t \leqslant T.$$

Digitized by Google

Nous verrons plus loin les conditions à réaliser pour l'exactitude de la méthode.

Suivant le rôle que doit remplir un relais déterminé, il importe de connaître soit le temps de fonctionnement qui correspond à l'attraction de l'armature, soit le temps de fonctionnement qui correspond à son retour au repos. Nous exposerons la méthode en traitant ces deux cas.

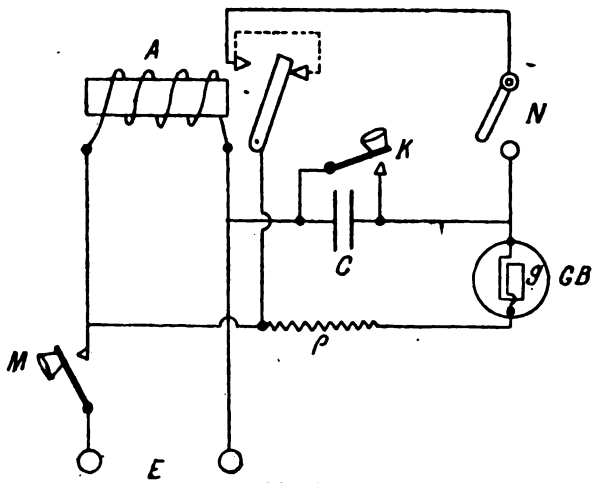


Fig. 1.

1er Cas. — Déterminer le temps qui s'écoule entre l'instant où l'on établit le courant dans l'enroulement du relais A (fig. 1) et l'instant où son armature arrive sur le contact de travail.

On utilisera une force électromotrice constante E, un condensateur de capacité C ayant une résistance intérieure ou d'isolement très élevée, une grande résistance ρ, et un galvanomètre balistique GB de résistance g, montés suivant le schéma.

L'interrupteur N étant ouvert, on ferme M. Le balistique donne une élongation θ_1 proportionnelle à la charge que reçoit le condensateur C. Cette charge est :

$$Q = CE = K\theta_1.$$

C'est l'étalonnage ordinaire du balistique qui permet de déterminer sa constante K, dont nous ne nous occuperons pas pour l'instant.

Digitized by Google

On effectue ensuite les manœuvres suivantes :

1° On ouvre M ;

2° On ferme N ;

3° On décharge complètement le condensateur au moyen de la clé K ; ce résultat est obtenu lorsque le galvanomètre balistique est revenu fixement au zéro ;

4° On ferme M.

Le condensateur se charge et le balistique donne une élongation θ_2, proportionnelle à la charge partielle qu'a reçue C pendant le temps qui sépare la fermeture de M de la fermeture du contact de travail de l'armature. Cette charge a pour valeur :

$$q = K\theta_2.$$

Nous supposerons, comme il a été dit plus haut, que le condensateur employé possède une résistance intérieure très élevée et est par conséquent de conductance négligeable. La résistance du circuit de mesure sera donc : $R = \rho + g$.

Nous avons vu d'autre part que l'on a :

$$q = Q\left(1 - e^{-\frac{t}{CR}}\right),$$

d'où l'on tire : $$\frac{t}{CR} = \mathrm{L}\frac{Q}{Q-q},$$

et $$t = CR.\mathrm{L}\frac{Q}{Q-q}.$$

En remplaçant Q et q par leur valeur en fonction des élongations, on obtient finalement :

$$t = CR.\mathrm{L}\frac{1}{1-\frac{\theta_2}{\theta_1}}. \qquad (2)$$

Le temps sera exprimé en secondes si l'on exprime C en farads et R en ohms.

Si l'on relie électriquement le contact de travail et le contact de repos (trait pointillé), on mesurera directement le temps de fonctionnement mécanique. Par différence avec le résultat obtenu précédemment, on aura le temps qui correspond au retard électro-magnétique du relais. Le terme « constante de temps électrique du relais » serait impropre, étant donné qu'il

Digitized by Google

est égal au quotient de la self-induction du circuit par sa résistance et que la self-induction varie pendant le mouvement de l'armature.

2° Cas. — Déterminer le temps qui s'écoule entre l'instant où l'on ouvre le circuit du relais B et l'instant où son armature atteint sa position de repos.

On réalisera le schéma de la figure 2.

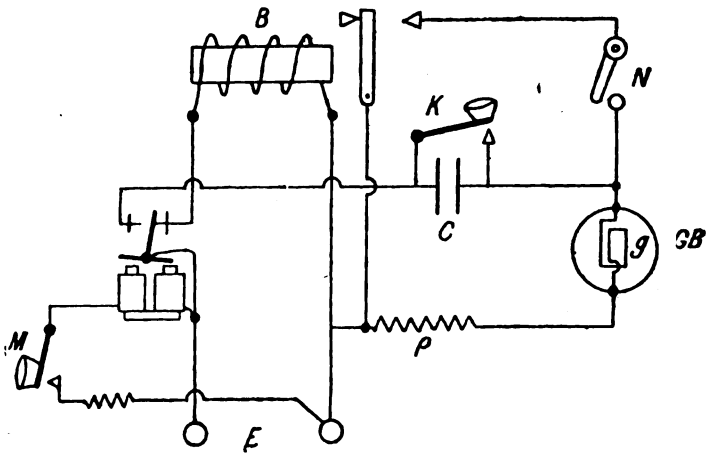


Fig. 2.

Il est nécessaire, dans ce cas, d'employer un relais auxiliaire, dont le temps de fonctionnement mécanique a été mesuré dans les conditions normales d'utilisation.

La mesure se fait sans difficulté en opérant comme dans le cas précédent. Il suffira d'ajouter au résultat obtenu le retard introduit par le relais auxiliaire pour avoir le temps cherché.

On peut simplifier cette mesure en utilisant un relais Baudot bien réglé comme relais auxiliaire. Le retard mécanique qu'il introduit étant généralement inférieur au millième de seconde, on pourra le négliger dans beaucoup de circonstances.

Exactitude de la mesure. — Pour ne pas compliquer la méthode, nous supposerons que l'étalonnage et la mesure sont faits dans les mêmes conditions, c'est-à-dire sans avoir recours au shuntage du balistique.

Digitized by Google

L'erreur relative nous est donnée en prenant les différentielles logarithmiques de l'équation (2). Comme nous ne connaissons pas le sens des erreurs, nous supposerons qu'elles s'ajoutent :

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta \theta_2}{(\theta_1 - \theta_2)\,\mathrm{L}\,\dfrac{1}{1 - \dfrac{\theta_2}{\theta_1}}}.$$

L'erreur commise sur C et R est pratiquement connue ; on admet généralement : $\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta R}{R} = \frac{5}{1.000}$.

Pour une valeur $\Delta\theta_2$ donnée, le dernier terme, qui représente l'erreur relative en temps, en fonction de l'erreur de lecture $\Delta\theta_2$, sera minimum pour

$$\frac{1}{1 - \dfrac{\theta_2}{\theta_1}} = e,$$

d'où l'on tire : $\theta_2 = \theta_1\left(\frac{e-1}{e}\right)$.

En remplaçant θ_2 par sa valeur en fonction de t on obtient :

$$\theta_2 = \theta_1\left(1 - e^{-\frac{t}{CR}}\right) = \theta_1\left(\frac{e-1}{e}\right).$$

Cette équation admet comme solution $t = CR$, qui est la condition d'exactitude optimum.

Exemple. — Soit : $E = 100$ volts,

$K = \frac{1}{8}\,10^{-6}$ la constante du balistique employé.

On évalue l'ordre de grandeur du temps à mesurer comme étant du centième de seconde. De plus, supposons que l'on veuille obtenir, à l'étalonnage du balistique, une élongation $\theta_1 = 80$ divisions.

La valeur de C est déterminée par la quantité d'électricité susceptible d'être mesurée par le balistique employé. Connaissant C, on déterminera R pour réaliser la condition $CR = t$.

On a : $Q = CE = K\theta_1$,

Digitized by Google

ou : $$C.10^2 = \frac{1}{8}\,10^{-6}.80,$$

d'où : $$C = 10^{-7} \text{ farads.}$$

La valeur de R sera :

$$R = \frac{t}{C} = \frac{10^{-2}}{10^{-7}} = 10^5 \text{ ohms.}$$

En admettant que la lecture soit possible à une demi-division près, l'erreur relative sera :

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{5}{1.000^2} + \frac{5}{1.000^1} + \frac{1/2}{80-50,5} = \frac{27}{1.000},$$

Soit, en chiffre rond : $\pm$ 3 %.

Dans le cas particulier où le relais considéré possèderait un temps de fonctionnement égal à CR secondes, le balistique donnerait une élongation

$$\theta_2 = 0,63\,\theta_1.$$

Si l'on dispose d'une résistance ρ variable dans certaines limites, on peut utiliser cette particularité en lui donnant, par plusieurs mesures successives, une valeur telle que l'on ait :

$$\theta_2 = 0,63\,\theta_1.$$

On a alors : $$t = CR.$$

Par une graduation convenable de cette résistance, on peut également obtenir le temps cherché par lecture directe.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Compte rendu des travaux du Comité technique préliminaire pour la téléphonie à grande distance en Europe (Paris 12-20 mars 1923) : 1. Avis adoptés à l'unanimité des délégués, puis approuvés par les administrations des six pays représentés; 2. Procès-verbaux des séances plénières d'inauguration et de clôture. — Brochure in-8° de 58 pages, 2 figures (1). — Prix : 5 francs (ajouter 10 % pour frais d'envoi).

Le Comité technique préliminaire, groupant des représentants des administrations des téléphones de Belgique, d'Espagne, de France, de Grande-Bretagne, d'Italie et de Suisse, a siégé du 12 au 20 mars 1923 à Paris, et a abordé pour la première fois l'étude de la question de la téléphonie à grande distance en Europe en se plaçant exclusivement au point de vue technique. Ce comité a adopté à l'unanimité et sans réserve des avis relatifs aux questions d'organisation générale, aux questions de transmission, aux questions d'entretien des lignes téléphoniques et aux questions de trafic; il a également esquissé un programme de travaux immédiats de construction de lignes téléphoniques à grande distance sur les territoires des pays ouest-européens.

Cette brochure contient le texte intégral des divers avis émis par le Comité technique préliminaire ainsi que les procès-verbaux des séances plénières.

Compte rendu des travaux de la 1re réunion plénière du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance (Paris, 28 avril-3 mai 1924) : 1. Liste des délégués au Comité con-

(1) En vente au secrétariat général du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, 23, avenue de Messine, Paris 8e.

Digitized by Google

sultatif international; 2. Procès-verbal de la séance plénière d'inauguration (Paris, 28 avril 1924); 3. Avis du Comité consultatif international concernant les questions d'organisation générale; 4. Avis du Comité consultatif international concernant les questions de transmission; 5. Avis du Comité consultatif international concernant les questions de trafic et d'entretien; 6. Procès-verbal de la séance plénière de clôture (Paris, 3 mai 1924); 7. Procès-verbal de la première réunion de la Commission permanente (3 mai 1924). — Brochure in-8° de 68 pages (1). — Prix : 5 francs (ajouter 10 °/₀ pour frais d'envoi).

Le Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, groupant les représentants officiels des administrations des téléphones d'Allemagne, d'Autriche, de Belgique, de Danemark, d'Espagne, de Finlande, de Grande-Bretagne, de Hongrie, d'Italie, de Lettonie, de Luxembourg, de Norvège, des Pays-Bas, de Pologne, du royaume des Serbes, Croates et Slovènes, de Suède, de Suisse, de Tchécoslovaquie, de France, en prenant pour base de discussion les avis émis par le Comité technique préliminaire, a préparé effectivement l'organisation de la téléphonie internationale en Europe en adoptant à l'unanimité les recommandations contenues dans cette brochure et relatives aux questions suivantes :

Questions de transmission : généralités, lignes aériennes, câbles, lignes mixtes;

Questions de trafic : détermination du nombre des communications à admettre sur un circuit, tarifs, décentralisation du trafic international, préparation des communications, établissement de statistiques de trafic;

Questions d'entretien et de surveillance des lignes : points de coupure sur les circuits internationaux, points de coupure des lignes internationales en câbles, surveillance des lignes, échange de références concernant la constitution des circuits internationaux et essais périodiques, rétablissement rapide des communications internationales.

(1) En vente au secrétariat général du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, 23, avenue de Messine, Paris 8e.

Digitized by Google

Compte rendu des travaux de la 2e réunion plénière du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance (*Paris, 22-29 juin 1925*) : 1. Liste des délégués au Comité consultatif international ; 2. Procès-verbal de la séance plénière d'ouverture (Paris, 22 juin 1925); 3. Avis du Comité consultatif international concernant les questions d'organisation générale; 4. Avis du Comité consultatif international concernant la spécification des câbles téléphoniques internationaux, les appareils et méthodes de mesures pour l'entretien des circuits internationaux ; 5. Avis du Comité consultatif international concernant la protection des lignes téléphoniques contre l'action perturbatrice des installations d'énergie ; 6. Avis du Comité consultatif international concernant les questions d'exploitation ; 7. Procès-verbal de la séance plénière de clôture (Paris, 29 juin 1925) ; 8. Procès-verbal de la troisième réunion de la Commission permanente (29 juin 1925). — Brochure in-8° de 191 pages (1). — Prix : 15 francs (ajouter 10 °/₀ pour frais d'envoi).

Des cahiers des charges type pour la fourniture des câbles internationaux et de leurs organes accessoires sont annexés aux avis concernant la spécification des câbles et les appareils et méthodes de mesures pour l'entretien des circuits internationaux. Les directives concernant les mesures à prendre pour la protection des lignes téléphoniques contre l'action perturbatrice des installations d'énergie à courant fort ou à haute tension ont été rédigées à la suite d'un échange de vues entre les délégués officiels des administrations des téléphones d'Europe, les délégués officiels de l'Union internationale des chemins de fer et les délégués officiels de la Conférence internationale des grands réseaux d'énergie électrique à haute tension.

Nomenclature des circuits téléphoniques internationaux existant en Europe à la date du 1er janvier

(1) En vente au secrétariat général du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, 23, avenue de Messine, Paris 8e.

Digitized by Google

1925. — Brochure in-8° de 80 pages dont 73 pages de tableaux (1). — Prix : 12 francs (ajouter 10 °/₀ pour frais d'envoi).

Les indications portées dans les différentes colonnes de cette nomenclature sont les suivantes : désignation des circuits, type de construction (ligne aérienne en fil nu ou en câble aérien, souterrain, ou sous-marin), système de téléphonie (circuit à 2 ou 4 fils : combinant ou combiné), nature du métal des conducteurs, affaiblissement total du circuit, rénseignements sur la pupinisation ou la krarupisation, emplacement et nature des relais téléphoniques utilisés et amplification normale fournie par ces relais.

Statistique du trafic téléphonique international européen (1924-1925). — Brochure in-8° de 44 pages dont 19 pages de tableaux (1). — Prix : 7 francs (ajouter 10 °/₀ pour frais d'envoi).

Cette statistique a été établie suivant les indications données par la Commission permanente du comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, lors de sa deuxième réunion (Paris, 24 novembre-1er décembre 1924). Les données qui y figurent ont été relevées par les différentes administrations des téléphones au cours du deuxième semestre de l'année 1924 et du premier semestre de l'année 1925.

Les différentes colonnes des tableaux de cette statistique fournissent les indications suivantes : désignation des circuits (bureaux extrêmes), date exacte de la statistique, nombre de circuits existants entre les bureaux considérés, nombre d'unités de conversations échangées par jour de 7 à 21 heures, nombre d'appels annulés ou restés sans suite, nombre de communications en instance et délais d'attente à 10 heures et à 14 heures, trafic total à la date de la statistique, nombre de circuits nécessaires pour le trafic à cette date suivant les recommandations du C.C.I., estimation du trafic supplémentaire possible, trafic probable dans

(1) En vente au secrétariat général du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, 23, avenue de Messine, Paris 8e.

Digitized by Google

5 ans à partir de la date de la statistique, nombre de circuits nouveaux à prévoir dans 5 ans à partir de la date de la statistique.

Carte schématique des câbles téléphoniques internationaux d'Europe, établie au 4.000.000e en deux couleurs sur papier fort (1). — Prix : 10 francs (ajouter 10 % pour frais d'envoi).

Elle montre, pour tous les câbles téléphoniques existants ou projetés, le tracé approximatif, le nombre de paires de conducteurs, et l'emplacement des diverses stations de relais téléphoniques.

Précis de droit administratif avec une préface, de M. Louis Rolland, professeur de droit public général à la faculté de droit de Paris, Paris, libraire Dalloz, 1926. — 1 vol. in-16 de VIII + 452 pages. Prix : 12 francs.

Ce précis a été rédigé à l'aide de notes prises aux cours et aux conférences de M. Rolland, d'abord à Nancy, ensuite à Paris. Les traités de MM. Berthélemy et Hauriou sont classiques. Mais cet ouvrage est d'un autre type. On a voulu y présenter un tableau d'ensemble de façon très simple, très claire et aussi très rapide. L'essentiel seul y est dit. Le précis s'adresse aux étudiants, sans avoir la prétention de suppléer à l'enseignement oral ; mais on a songé aussi au public, qui est tous les jours en contact avec l'administration.

L'auteur est bien connu de ceux de nos lecteurs qui ont suivi l'enseignement de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes, puisque M. Rolland y est professeur. Il y a des différences entre son cours aux P.T.T. et l'exposé du précis. Le cours à l'École comprend un premier chapitre sur l'organisation de l'État, qui n'est pas dans le précis. En revanche, le professeur ne traite pas de ce qui a trait aux diverses personnes morales, à la théorie des actes administratifs, aux personnes morales de droit

(1) En vente au secrétariat général du Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, 23, avenue de Messine, Paris 8e.

Digitized by Google

privé d'intérêt général, à la police administrative, au recrutement de l'armée, aux mécanismes administratifs, toutes questions qui sont exposées dans le précis. Le petit nombre de leçons dont il dispose l'oblige à être bref sur bien des choses et à bloquer, par exemple en une leçon, à peu près tout le contenu des chapitres II et III de la 3e partie. Les anciens élèves seront à coup sûr très heureux d'avoir sur ce sujet les explications complémentaires contenues dans le présent ouvrage, et nul doute que, si le professeur pouvait renvoyer, sur beaucoup de points, les élèves à ce livre; il ne puisse alors insister, à leur grand avantage, sur certaines questions intéressantes, capitales pour eux, comme l'organisation des P.T.T., la responsabilité de l'État, la théorie des recours, etc..., et tout autre point sur lequel M. le Secrétaire général appellerait plus particulièrement son attention.

Nous ne saurions trop recommander ce précis à tous ceux que le droit administratif intéresse, c'est-à-dire à tout le public éclairé, car il n'est personne que les questions administratives puisse laisser indifférent.

Le lecteur pourra d'ailleurs apprécier le caractère de l'ouvrage dont nous parlons, s'il veut bien jeter un coup d'œil sur les extraits suivants, que la librairie Dalloz a bien voulu nous autoriser à publier dans les *Annales*, ce dont nous la remercions.

2. — Les services publics, leur développement. La question du rôle de l'État. — La notion de service public sera plus tard précisée. Pour le moment, on peut la prendre dans le sens très large d'entreprise qui, sous la direction des gouvernants, est destinée à donner satisfaction à des besoins collectifs du public. Ainsi apparaissent trois idées dans la définition : 1° l'idée d'entreprise : il y a dans tout service un agencement de personnel, de matériel, de procédés juridiques et techniques tendant à obtenir un certain résultat ; 2° l'idée de satisfaction donnée aux besoins collectifs du public : ces besoins, sous des formes multiples, se ramènent finalement à deux, le besoin de justice, le besoin de police, c'est-à-dire d'un aménagement rationnel de la société dont on fait partie ; 3° l'idée de subordination aux gouvernants : ceux-ci assument plus ou moins effectivement la direction.

Digitized by Google

Dans nos États modernes, en France, en particulier, ces services sont extrêmement nombreux. C'est une question fort débattue que celle de savoir s'il est bon ou mauvais que les gouvernants étendent ainsi leur action ou, comme on dit plus souvent, que l'État augmente ses attributions. Dans un sens on fait valoir que l'intervention de l'État a l'inconvénient d'arrêter ou de décourager les initiatives individuelles, qu'elle est coûteuse, qu'elle ne donne que des résultats médiocres. A l'inverse on soutient que, si l'on s'en rapporte aux seules initiatives individuelles, de très nombreux besoins collectifs restent en souffrance.

Ainsi, tandis que les uns sont toujours portés à réduire autant que possible le nombre des services publics, les autres concluent à leur augmentation et à l'accroissement du rôle de l'État. Cette discussion menée de la sorte est tout à fait vaine. Tout ce que l'on peut dire, c'est qu'il faut maintenir un certain équilibre entre l'importance des entreprises publiques et celle des entreprises privées. Mais le point d'équilibre ne peut être fixé une fois pour toutes. Il varie suivant les pays et suivant les temps. Il faut tenir compte, pour le déterminer, des circonstances de fait (est-on en période normale ou bien en période de guerre ou de crise ?), de la conception qui prévaut du rôle des individus (doivent-ils être considérés surtout comme des citoyens ou surtout comme des sujets ou des gouvernés ?), du degré de formation des particuliers, etc...

17. — Les diverses manières d'agencer les services publics. — On a précédemment donné une définition très générale des services publics. On les a présentés comme des entreprises placées sous la haute direction des gouvernants et destinées à satisfaire aux besoins collectifs du public. Lorsqu'il s'agit d'agencer ces entreprises, deux conceptions sont en présence. On peut ne pas introduire, pour elles, de régime spécial et les soumettre en principes aux mêmes règles que les entreprises privées. Ce sont, par exemple, ces règles qui déterminent la situation du personnel, le régime des biens, les tribunaux compétents pour connaître des litiges. On peut, à l'opposé, à raison de leur importance pour la collectivité, leur appliquer un régime spécial. L'ensemble des ser-

Digitized by Google

vices soumis à ce régime paraît bien alors constituer un corps spécial, l'Administration. On est vraiment fondé pleinement à parler de droit administratif.

De ces deux manières d'agir, la première est celle d'un certain nombre de pays, notamment de l'Angleterre. La seconde a été particulièrement développée en France. Il est nécessaire de voir ce qu'est le système suivi chez nous et ce qu'il vaut.

18. — Le système français. Notions générales. — On se tromperait en croyant que tous les services publics sont, en France, soumis au même régime. A la vérité, ils ont tous des traits communs. C'est ainsi que tous sont placés sous la direction plus ou moins effective des gouvernants. De même, devant les charges et les profits de tous, les particuliers sont égaux. C'est la règle de l'égalité devant les services publics. Ils ont tous aussi une si grande importance pour le public, qu'ils doivent fonctionner sans heurts, sans-à-coups, sans arrêts. C'est ce que l'on exprime en parlant de la continuité des services publics. Mais, ceci dit, parmi les services, les uns sont soumis aux règles du droit privé, les autres, de beaucoup les plus nombreux, sont soumis à des règles spéciales. Assez souvent, dans la terminologie récente, c'est à ces derniers que l'on pense quand on parle des services publics. On dit également d'eux qu'ils sont soumis au « procédé du service public ».

On voit ainsi que l'expression service public a, chez nous, deux sens. Elle désigne toutes les entreprises publiques, comme nous l'avons fait jusqu'à présent. Elle désigne celles de ces entreprises qui sont soumises à un régime juridique particulier, les services publics proprement dits.

20. — Le retour des services publics proprement dits au régime des entreprises privées. — Il ne faut pas croire que les services publics proprement dits sont toujours soumis au régime spécial qui vient d'être décrit. Les procédés et les règles qui le constituent peuvent ne pas toujours être employés. Il y a à cette situation deux raisons. D'une part, ceux qui gèrent les services ont, dans certains cas, le choix entre les procédés spéciaux et les procédés de la vie privée. Une administration qui veut se procurer

Digitized by Google

des objets mobiliers peut ainsi parfois choisir entre le procédé spécial du marché de fournitures et le procédé courant de l'achat de gré à gré. D'autre part, il y a même des cas où le procédé spécial ne peut être employé qu'après une tentative d'user des moyens de la vie courante. Toutefois, cette soumission au droit privé des services publics proprement dits est quelque chose d'exceptionnel. On ne saurait la présumer. Elle doit résulter soit d'une manifestation d'intention se dégageant d'une manière claire, soit d'une disposition formelle d'un texte. Tout ceci prend de l'importance s'agissant de déterminer les tribunaux compétents pour connaître des litiges. Normalement, les tribunaux judiciaires deviennt compétents s'agissant des opérations accomplies en employant les procédés de la vie privée.

21. — Le régime des autres entreprises publiques. — Elles sont en principe soumises au régime des entreprises privées. C'est ainsi que les litiges s'élevant à l'occasion de leur fonctionnement seront déférés aux tribunaux connaissant des litiges s'élevant à l'occasion du fonctionnement d'entreprises privées du même genre (V. à propos du dommage résultant de l'exploitation d'un bac aux colonies, Confl, 22 janv. 1921 ; Rec. 1921 p. 90 à propos des réclamations dirigées contre l'État à raison du service d'assurances contre les risques maritimes pendant la guerre, Cons. d'Ét. 23 déc. 1921, Rec. 1921 p. 119).

23. — Les inconvénients d'un régime spécial pour les services publics. — Ils sont très faciles à indiquer et sont bien souvent signalés : 1° on est fondé à craindre que ceux qui dirigent et gèrent les services n'abusent des prérogatives constituant le régime spécial pour faire de l'arbitraire ou tout au moins pour multiplier les formalités et leur donner une importance démesurée ; 2° les règles spéciales sont compliquées, elles manquent de souplesse. Elles empêchent d'adapter les services aux nécessités auxquelles ils sont destinés à satisfaire; 3° le régime spécial est susceptible d'entraîner pour les agents un certain laisser-aller, il ne les pousse pas à avoir de l'initiative, dilue ou fait disparaître leur responsabilité. Il en va autrement dans l'entreprise privée, où l'on s'adapte vite aux besoins, où chacun se sent responsable et est porté à aller de l'avant.

Digitized by Google

24. — Raison militant en faveur du maintien du système actuel. — Ces inconvénients sont sérieux. Mais on ne doit pas oublier que certains peuvent assez facilement être évités ou atténués. En particulier, il est possible de donner aux particuliers des garanties nouvelles contre l'arbitraire. Des simplifications dans les règles concernant le régime des services publics sont réalisables. Enfin il y a des moyens d'accroître l'initiative et d'étendre les responsabilités personnelles des agents. Pour le surplus, le grand avantage d'un régime particulier pour les services publics, c'est qu'il permet d'assurer leur marche d'une façon régulière et continue, et c'est de cela qu'avant tout le public a besoin.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS, — MCMXXVI.

Digitized by Google

APR 30 1926

15e ANNÉE. — N° 4. AVRIL 1926. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS
D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

La participation de l'administration des P. T. T. à l'exposition internationale de la houille blanche (*Suite*), par M. Pellenc, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 289

Description du télégraphe Creed, système start-stop..... 302

Le matériel français pour lignes aériennes, par E. Picault, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes..... 313

L'application du régime de la conversation taxée à Paris, par René Bichon, inspecteur des Postes et Télégraphes... 318

Appareil téléphonique à prépayement du système Hall, sans bouton d'encaissement..... 330

Influence de l'imparfaite reproduction des circuits réels par les lignes artificielles, sur l'amorçage d'oscillations parasites dans les relais téléphoniques doubles..... 338

Utilisation d'un ohmmètre industriel pour des mesures de localisation par la boucle, par E. Crouzet, inspecteur des Postes et Télégraphes, chef des services électriques de l'office tunisien 347

Démonstration de la loi de Maxwell, proposition fondamentale de la théorie des gaz, par A.-K. Erlang..... 354

Revue des périodiques. — *Périodiques en langue française* : Lampes électriques et protection de la vue. — Sur l'application des courants photoélectriques à la photométrie.

Informations et variétés. — La mort par l'électricité : résultats pratiques acquis par des études électropathologiques. — Accidents électriques et respiration artificielle. — Remarques au sujet des communications de M. Jellinek. — La respiration artificielle des asphyxiés.

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

LA PARTICIPATION DE L'ADMINISTRATION DES P.T.T. A L'EXPOSITION INTERNATIONALE DE LA HOUILLE BLANCHE,

(*suite*)

Par M. PELLENC,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Le poste comprenait deux lampes, fonctionnant l'une en oscillatrice et l'autre en modulatrice. Le système oscillant était constitué par un montage du genre Colpitt, avec self entre filament et grille, et capacité entre grille et plaque. La modulation était effectuée par une lampe de puissance égale à celle de l'oscillatrice, modulant celle-ci par la plaque suivant le procédé Heising.

Le schéma représenté sur la figure 6 permet de se rendre compte des particularités de ce montage. Le courant fourni par la source haute tension alimente, à travers une forte self à fer A de 40 henrys, les plaques de la modulatrice et de l'oscillatrice montée en parallèle. Le courant d'alimentation de la modulatrice traverse en outre une self B sans fer, plus faible que A, appelée self de choc haute fréquence. Le courant total se renferme sur la source haute tension à travers un potentiomètre P, permettant de rendre, par rapport au point commun K, la grille de la modulatrice plus ou moins négative.

Le circuit oscillant comprend le variomètre de grille, le condensateur de liaison grille-plaque c, la self d'antenne L et l'antenne.

Un condensateur γ de grande capacité (quelques microfarads) isole l'antenne de la haute tension continue qui se trouve sur la plaque, cependant qu'un autre condensateur variable, de grande capacité également, est destiné à permettre, le cas échéant, un réglage supplémentaire de la tension grille.

Digitized by Google

Pour se rendre compte du mécanisme suivant lequel s'effectue la modulation et s'entretiennent les oscillations H.F., transformons ce schéma en schéma électrique, représenté sur la figure 7. Le principe du fonctionnement est le suivant.

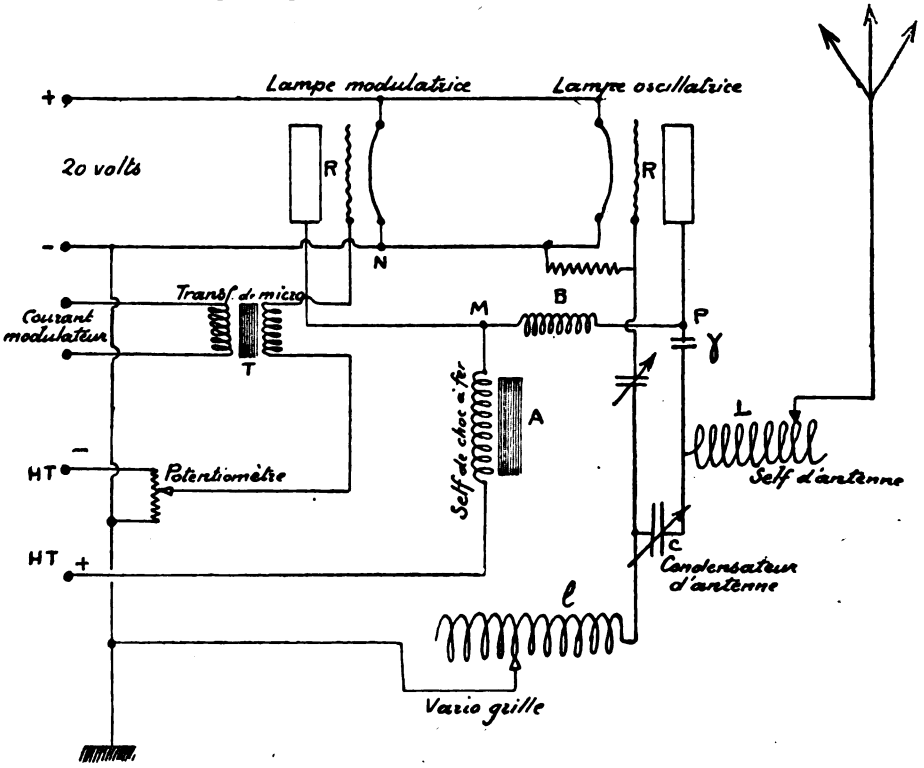


Fig. 6. — Schéma du poste émetteur.

Le courant continu d'alimentation H.T., d'intensité i, passe à travers la self de choc basse fréquence à noyau de fer A, et se divise en M en deux dérivations. L'une, d'intensité i_1, alimente la lampe modulatrice dont la résistance interne est représentée par R. L'autre, d'intensité i_2, alimente à travers la self de choc haute fréquence B, la lampe oscillatrice figurée comme la modulatrice par sa résistance interne, et le circuit oscillant.

Le régime d'oscillation du système est complexe, car on a affaire à deux circuits P A N′ M′ et M′ N′ S R à couplage serré, le premier ayant un très fort amortissement, à cause de la résis-

Digitized by Google

tance R ; mais, quand ces oscillations haute fréquence se produisent, la bobine B constituant pour elles une impédance très grande, le courant i_2 dans la self est constant.

On a donc à tout instant :

$$i_2 = i + j$$

(i est j étant les courants instantanés dans les deux dérivations en P), et par suite :

$$i_2 = i \text{ eff} + j \text{ eff}.$$

Le courant engendré dans le circuit oscillant, et par suite

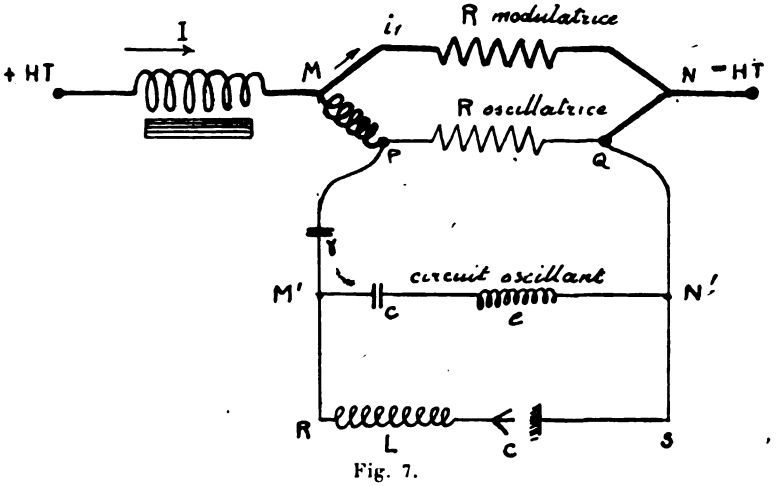


Fig. 7.

en un point de l'antenne, la base par exemple, a même périodicité que les courants, i et j, et, en l'absence de toute modification dans les caractéristiques du système R, c, l, L, C, ce courant a son intensité efficace dans un rapport constant avec le courant i_2 (tout au moins pour des valeurs voisines de i_2) et par conséquent aussi son intensité maxima, puisque $i_m = i \text{ eff} \sqrt{2}$.

Si i_2 est constant, les maxima et minima successifs de ce courant périodique auront donc même valeur, et leur enveloppe sera constituée par deux droites. On a alors des ondes entretenues simples. Mais supposons que nous fassions varier à la fréquence moyenne de 800 périodes par seconde par exemple (moyenne des fréquences téléphoniques), le courant i_1 dans la

Digitized by Google

lampe modulatrice. La bobine de choc basse fréquence A joue cette fois, par rapport à ces oscillations, le même rôle que pré-

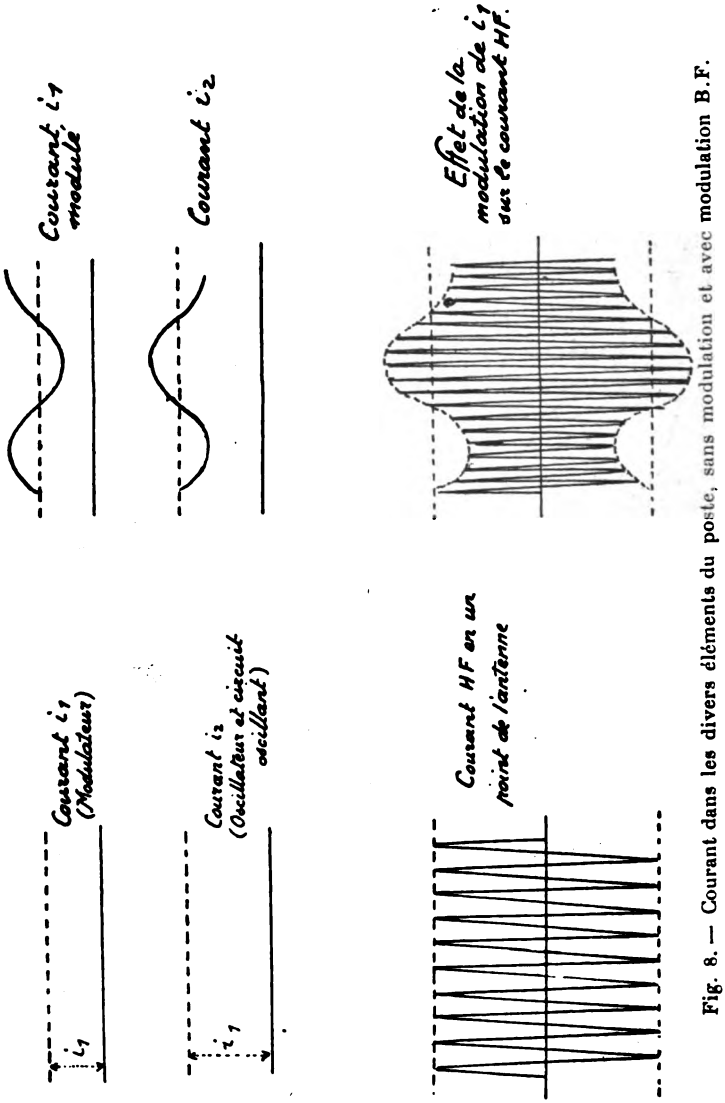


Fig. 8. — Courant dans les divers éléments du poste, sans modulation et avec modulation B.F.

cédemment la bobine B pour les oscillations haute fréquence ; c'est-à-dire que le courant I, ne pouvant être affecté par les variations du courant i_1 par suite de la grande impédance de la

Digitized by Google

bobine qu'il traverse pour ces variations basse fréquence, reste constant.

Il s'ensuit que le courant i_2 est affecté de variations de même périodicité que celles du courant i_1 de la modulatrice ; il augmente exactement de la quantité dont i_1 diminue, et inversement. Si nous reprenons alors le courant oscillant dans la base de l'antenne, nous voyons que la valeur des maxima et

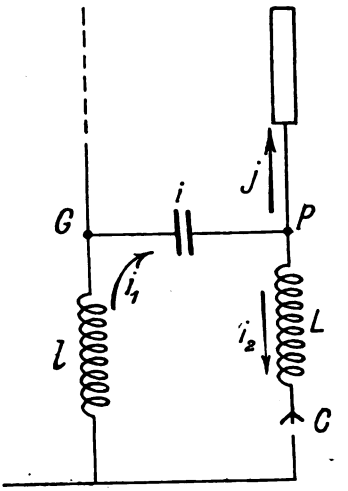


Fig. 9.

minima successifs, proportionnelle à chaque instant au courant i_2, suit de la même façon les variations de ce courant i_2, et par suite les variations inverses du courant i_1 de la modulatrice.

On obtient alors, pour ce courant, les courbes représentées sur la partie de droite de la figure 8, dont l'enveloppe est la courbe de basse fréquence déduite de la courbe représentant i_2, par dilatation des ordonnées.

Cette courbe, reproduisant les variations de courant dans la modulatrice, reproduit donc les variations de tension grille qui les engendrent dans la lampe, et par suite les variations du courant modulateur auxquelles sont dues les variations de cette tension. Comme dans chacune de ces actions la proportionnalité est conservée, on voit que la modulation est transmise à l'antenne sans altération.

Digitized by Google

Montrons maintenant à quelles conditions, dans le montage ainsi effectué, les oscillations Hf. F. peuvent s'entretenir.

Représentons sur la figure 9 le circuit électrique intéressé par les oscillations, et négligeons en première approximation le condensateur γ de 2 microfarads destiné à l'isolement de l'an-

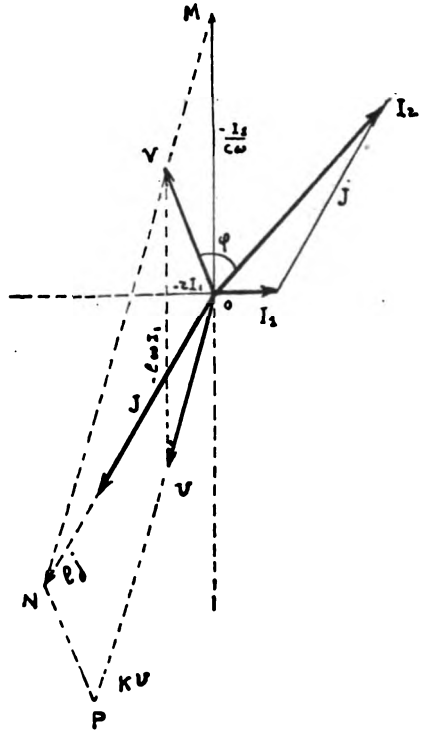


Fig. 10.

tenne pour le courant H. F. continu, et le condensateur d'appoint situé sur la grille. Cherchons à construire le graphique représentatif de l'état du système oscillant (fig. 10).

Soient j, i_1, et i_2 les courants dans les différentes branches, G, c, l, L, les capacités et selfs, r et R les résistances de ces dernières, u et v les potentiels grille et plaque. Prenons la phase de i_1 comme origine, et prenons à une échelle arbitraire $i_1 =$ valeur maxima de i_1.

Le potentiel grille sera représenté par le vecteur OV de

Digitized by Google

composantes $-rI_1$ et $-l\omega I_1$, car ce potentiel est égal à : $u=-ri_1\cdot\frac{di}{dt}$.

Si l'on considère la dérivation i_1, on voit que le potentiel de plaque V est égal au potentiel de grille moins la chute de tension dans les condensateurs de liaison.

Le vecteur représentatif de V sur le graphique sera donc la résultante de OV et du vecteur $-\frac{i_1}{c\omega}$, représenté par OM.

On sait qu'une condition nécessaire pour l'entretien des

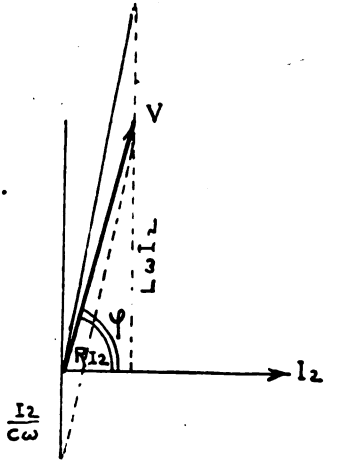


Fig. 11.

oscillations est que la tension plaque V ait une des composantes opposée à la tension grille U. Le parallélogramme OMVU permet de voir que, si r est négligeable devant $l\omega$, cette condition est remplie si $\frac{1}{c\omega} > l\omega$, c'est-à-dire :

$$-cl\omega^2 < 1.$$

Il est donc nécessaire, pour qu'on puisse avoir des oscillations, que la capacité de couplage c soit plus faible que celle pour laquelle la dérivation parcourue par le courant i_1 entrerait en résonance.

Déterminons maintenant le courant i_2. Prenons, dans la branche CL, ce courant inconnu comme origine des phrases et

Digitized by Google

cherchons à déterminer le potentiel plaque V en suivant cette branche et en tenant compte du sens choisi pour le courant i_2 (fig. 11).

V est la somme géométrique des différences de potentiel aux bornes de la capacité et de la self. Cela permet de déterminer le déphasage de i_2 sur V, et, comme V est connu, de déterminer après coup le facteur de proportionalité entrant dans la construction de la figure, qui n'est autre que i_2.

Portons donc le courant i_2 ainsi déterminé sur le graphique de la figure 10.

Comme $j = i_1 - i_2$, le graphique nous donne le vecteur J représentatif de l'intensité dans la lampe.

Menons à partir de O le vecteur J, que nous prolongeons jusqu'à son intersection en N avec la parallèle à U menée de V, et achevons le parallélogramme O V N P.

On sait que l'équation donnant la valeur des variations du courant de la lampe en fonction des variations du potentiel grille et plaque est :

$$\rho j = v K u.$$

Cette équation doit se traduire géométriquement en une équation vectorielle entre les vecteurs représentant ces grandeurs :

$$\overline{\rho J} = \overline{V} + \overline{KU}.$$

Dans le parallélogramme O V N P, où V constitue déjà un côté, la diagonale O N représentera donc ρJ et le côté C P représentera KU.

En exprimant en fonction de c, G, l, L etc... la valeur des vecteurs O N et O P et en écrivant qu'ils sont respectivement égaux à ρJ et KU, on obtiendrait deux équations donnant d'une part ω, d'autre part une relation entre les diverses grandeurs caractéristiques du circuit, qui est la condition d'entretien des oscillations.

Sans pousser plus loin cette discussion, nous pouvons tirer de l'examen de la figure d'autres renseignements pratiques.

Si nous nous reportons à la figure 12, nous voyons que, suivant que l'emporte dans la branche i_2 l'effet de self ou l'effet de capacité, l'angle φ peut varier de $+90°$ à $-90°$.

Digitized by Google

Mais l'examen du graphique de la figure 11 montre que la diagonale donnant la direction du courant j est toujours comprise entre oV et oU, eux-mêmes toujours à gauche de om, ce qui entraîne pour oi_2 l'obligation de se trouver à droite de oV. L'angle φ est positif, ce qui revient à dire que l'on doit avoir :

$$L\omega > \frac{1}{c\,\omega},$$

ou :

$$C\,L\,\omega^2 > 1.$$

Il faut donc, comme on n'est pas maître de C, disposer dans l'antenne une self variable L permettant de régler la branche L_1 au dessus de la résonance.

En résumé, on peut obtenir des oscillations, à condition qu'on dispose, dans la dérivation i_1, d'une capacité assez faible pour que l'effet de capacité l'emporte, et dans la dérivation i_2 une self assez forte pour que ce soit l'effet de self.

Si l'on considère maintenant l'effet des fortes capacités situées sur la grille et sur la plaque, on voit que oV et ov se rapprochent légèrement de oM sans que le parallélogramme OVNP soit sensiblement déformé ; ce qui laisse subsister les résultats précédents.

Nous avons vu ainsi dans quelles conditions fonctionnait le poste radiotéléphonique de Grenoble lorsqu'il était commandé sur place par le courant microphonique.

Pour faire fonctionner ce poste comme satellite d'une autre station radiodiffusion, la station de commande envoyait sur le circuit téléphonique le courant modulateur, suffisamment amplifié pour lui permettre de parvenir à la station relais avec l'intensité d'une très forte conversation téléphonique.

Dans ces conditions, pour mettre le poste en fonctionnement, il suffisait, après avoir prélevé à l'arrivée du circuit, par un dispositif potentiométrique, la fraction de courant nécessaire à la modulation du poste, d'envoyer ce courant, par l'intermédiaire d'un transformateur approprié, dans l'amplificateur de puissance, en laissant le premier amplificateur hors de circuit.

Le fonctionnement en relais d'un tel poste était, comme on le voit, aussi simple que son fonctionnement en poste autonome.

Digitized by Google

La station radiotéléphonique de Grenoble transmit de façon régulière, l'après-midi et le soir, depuis le début de juillet jusqu'à la fin d'octobre 1925, sur une longueur d'onde de 800 mètres, avec une puissance-antenne de 600 watts environ, les manifestations artistiques locales qui eurent lieu au théâtre de l'exposition, ainsi que, par relais téléphonique, les programmes des stations de Lyon et de Paris.

Certaines de ses émissions eurent le plus grand retentissement et donnèrent la mesure des possibilités de réalisation de l'administration en matière de transmission radiotéléphonique. Jumelée, en effet, aux six autres stations du réseau d'État, qui recevaient le courant modulateur de Paris, la station de Grenoble assura comme elles, pendant près d'un mois, en septembre 1925, la diffusion des débats de la Société des nations et de certains discours prononcés à Genève par des orateurs éminents : MM. Painlevé, Dandurand, de Jouvenel, Hennesy, etc..., ainsi que des galas d'opéra italien donnés, avec les artistes de la Scala de Milan, au Grand théâtre de Genève en l'honneur de la société des nations.

II. LE STAND DE L'ADMINISTRATION DES P. T. T.

Le stand de l'administration des Postes et Télégraphes, installé par l'École supérieure des Postes et Télégraphes, occupait, au premier étage du palais de la houille blanche, une galerie d'une vingtaine de mètres de long.

L'École supérieure, le Service d'études et de recherches techniques, et le service de la Radiodiffusion ont participé à l'exposition.

Le Service d'études et recherches techniques a présenté, sous forme de photographies, des schémas de montagnes et de notices explicatives, un grand nombre de méthodes ou dispositifs de mesure relatifs à la téléphonométrie.

Plusieurs d'entre eux étaient concrétisés par la réalisation de maquettes correspondant aux montages indiqué :

la mesure du brûlage d'un microphone, destinée à permettre

Digitized by Google

d'apprécier l'importance du brûlage de la grenaille d'un microphone sous l'action du courant d'alimentation, en comparant les

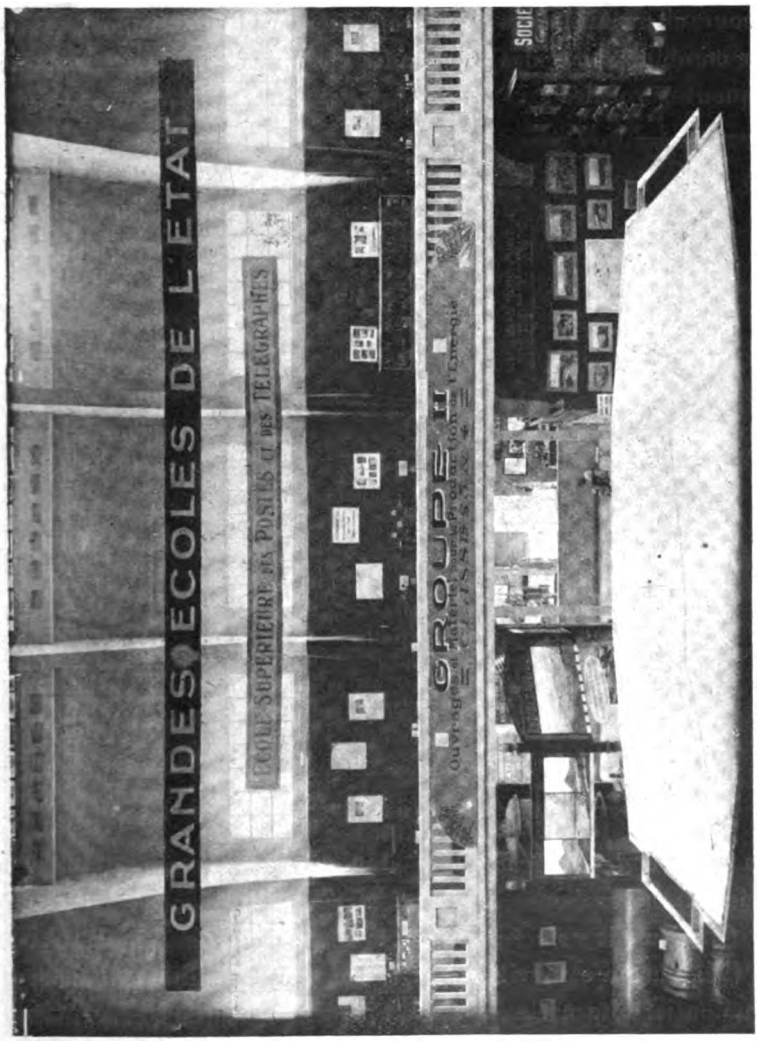


Fig. 12. — Le stand de l'École supérieure des P. T. T.

bruits ténus produits par les étincelles à l'intérieur de l'appareil considéré, avec ceux produits dans un microphone étalon ; cette étude s'effectue dans les conditions d'alimentation microphonique normale, pour diverses positions des appareils ;

Digitized by Google

la mesure de l'effet de Larsen, ou du couplage acoustique par l'air, et mécanique par la poignée entre microphone et récepteur d'un appareil combiné ; cette étude s'effectue en mesurant le courant produit dans le microphone par la vibration du récepteur combiné, pour des fréquences variables dans la gamme des fréquences vocales ;

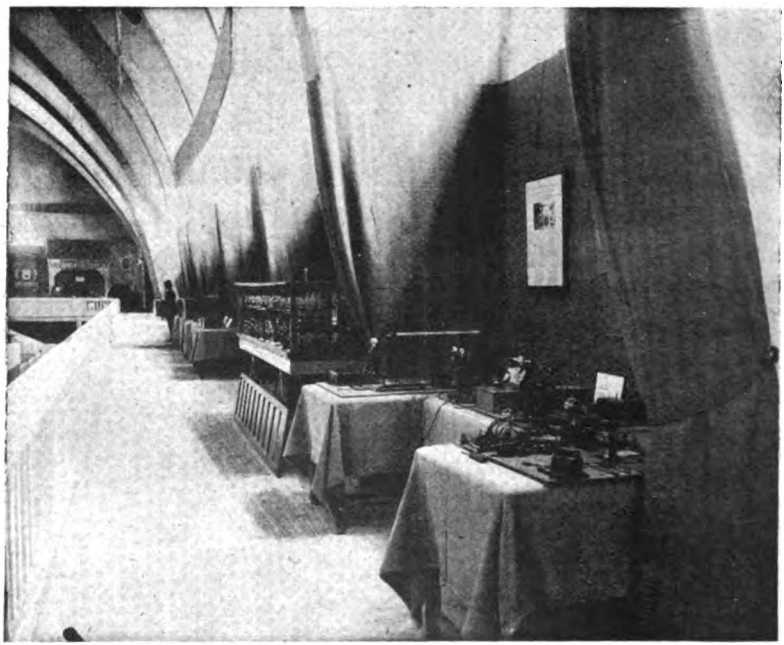


Fig. 13. — Une vue du stand de l'administration des P.T.T.

la mesure de l'efficacité des appareils téléphoniques et de la durée des microphones et récepteurs en utilisation normale.

On pouvait voir également la réalisation de l'électromètre de MM. Gutton et Laville pour la mesure des faibles différences de potentiel alternatives, ainsi que le dispositif de MM. Chavasse et Ruynat pour la protection des téléphonistes contre les chocs acoustiques, respectivement décrits dans les numéros de mars et de novembre 1925 des *Annales des P. T. T.*

Ces divers dispositifs furent récompensés d'un diplôme d'honneur.

Digitized by Google

L'École supérieure des P. T. T., indépendamment de la série des cours professés aux élèves-ingénieurs des Postes et Télégraphes et des photographies représentant les salles et les nombreuses installations de mesure de son laboratoire, avait pour la circonstance extrait de ses collections les pièces les plus typiques et les plus suggestives.

C'est ainsi qu'une exposition rétrospective des récepteurs et microphones successivement utilisés en téléphonie permit d'apprécier les progrès considérables réalisés dans cette science, depuis les premiers appareils jusqu'aux types les plus récents agréés par l'administration. La collection possédait une pièce unique : c'est la réalisation par Bourseul, alors commis des P. T. T., avec des moyens de fortune, d'un dispositif qui fut le précurseur du téléphone. Ce souvenir historique datant de 1854 fut donné à M. Pierre Robert, sous-secrétaire d'État aux P. T. T. par la famille de l'inventeur.

Une maquette de ligne téléphonique aérienne, destinée à l'enseignement, montrait les divers procédés de construction de lignes employées en France, la manière dont l'anti-induction entre circuits est réalisée et en réduction les différentes sortes de matériel utilisé. Ce travail remarquable, exécuté par M. Pierret, chef d'équipe des P. T. T., figurait à l'exposition nationale du travail de 1925, où son auteur obtint le diplôme de meilleur ouvrier de France. Il obtint à Grenoble une médaille d'argent.

Enfin le service de Radiodiffusion, indépendamment du concours, signalé par ailleurs, qu'il prêta à l'exposition, présenta, dans le stand de l'administration, quelques montages de circuits oscillants sur ondes courtes de l'ordre de quelques mètres, ainsi que les photographies et les descriptions des stations du réseau d'État de radiodiffusion. Il fut également récompensé d'un diplôme d'honneur.

Digitized by Google

DESCRIPTION DU TELEGRAPHE CREED SYSTÈME « START-STOP ».

Les télégraphes imprimeurs du genre « Start-Stop », qui repartent pour un tour à chaque lettre reçue, sont en usage depuis quelques années. Ces appareils furent originairement destinés à desservir un trafic restreint ou à être employés là ou la présence permanente d'un opérateur ne s'imposait pas. Ils sont caractérisés par le trait suivant, lors de l'abaissement d'une des touches du clavier : la lettre ou chiffre correspondant est imprimé par l'instrument récepteur situé à courte ou longue distance. Ce n'est que dans ces dernières années que la grande utilité de ces machines, au point de vue télégraphique, a été reconnue ; il existe à présent un certain nombre de ces machines sur le marché. Les plus connues sont le ferndrucker Siemens et le télétype Morkrum. Ces deux appareils sont construits pour une allure lente ou modérée. La vitesse du ferndrucker est d'environ 20 mots à la minute, et celle du télétype Morkrum de 40 à 45 mots. Le principe et la construction de ces machines ne leur permettent pas une vitesse sensiblement supérieure.

Un instrument d'un autre genre, construit pour marcher à une vitesse supérieure, environ 60 à 70 mots à la minute, mais ayant des limitations similaires, est construit par la maison Kleinschmidt, de New-York (maintenant réunie à la Morkrum C°).

La construction du télégraphe Creed « Start-Stop » a été étudiée de manière à conserver les avantages de ces systèmes et d'éviter leurs points faibles et leurs limitations. Il se sert du code à cinq unités, qui forme la base des systèmes Baudot et autres multiplex.

L'imprimeur se compose de pièces dont la solidité et l'endurance ont été éprouvées durant bien des années dans l'impri-

Digitized by Google

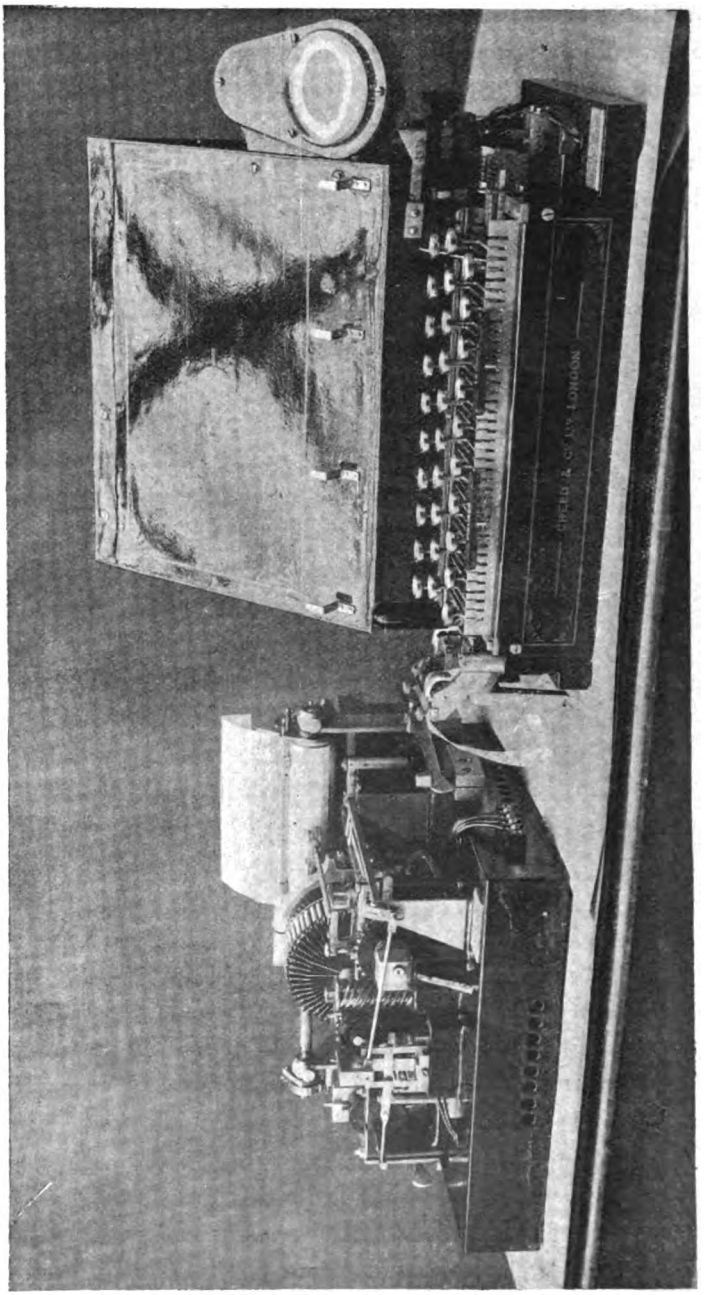
meur Morse Creed. La construction de ces machines a été faite avec la collaboration des représentants du service technique et commercial du Post Office britannique, en profitant des conseils et de l'aide de l'inventeur anglais bien connu, M. Donald Murray, créateur de l'imprimeur multiplex. Le système a été étudié pour satisfaire à toutes les demandes de l'office britan-

nique, et nous croyons qu'il possède toutes les qualités nécessaires pour son exploitation par d'autres administrations.

Il se compose de trois instruments dont l'un, le transmetteur automatique, est employé seulement quand les vitesses requises dépassent le rendement d'un seul clavier transmetteur. Ces instruments sont les suivants.

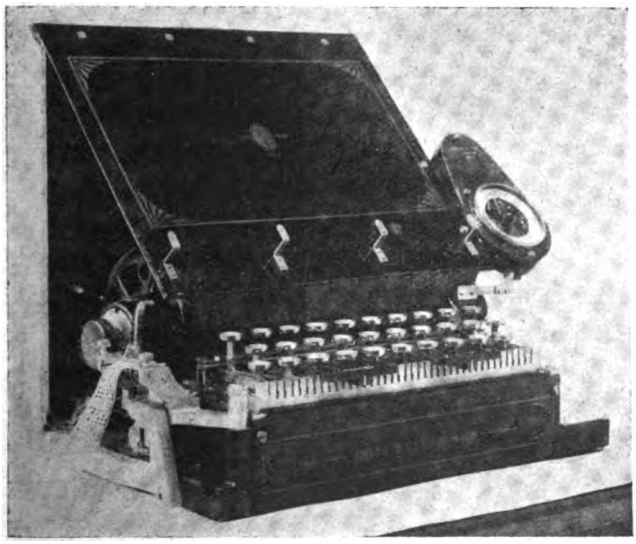
1. — **Le clavier transmetteur,** associé à la perforatrice de bandes. — Ce clavier transmetteur peut être utilisé de trois manières : *a*) pour transmettre directement ; *b*) pour perforer les

Digitized by Google



Digitized by Google

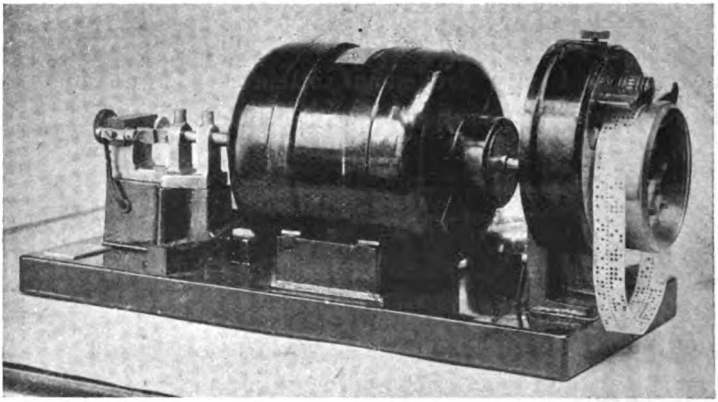
bandes ; *c*) pour transmettre et perforer simultanément. La transmission directe et la perforation peuvent être effectuées à n'importe quelle vitesse dont l'opérateur est capable. Un opérateur spécialisé peut transmettre, en travail soutenu, à environ 50 ou 60 mots à la minute, tandis que des vitesses de 40 mots à la minute peuvent être facilement atteintes par un opérateur entraîné. Dans la partie mécanique de cet instrument se trouvent



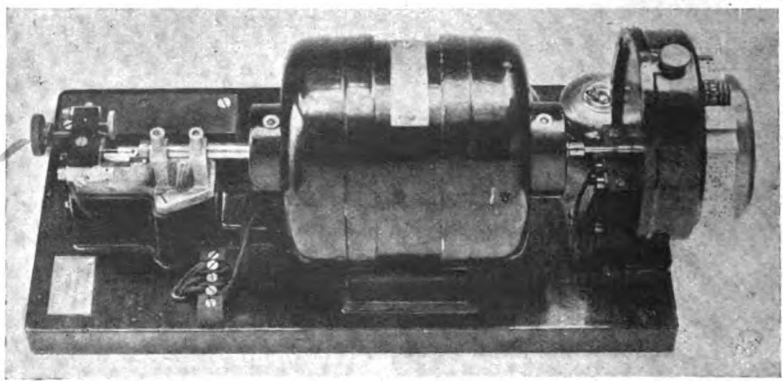
les touches disposées dans l'ordre du clavier international ; elles commandent le mécanisme chercheur et transmetteur actionné par un petit moteur électrique. A gauche de la machine se trouve le mécanisme perforateur ; il est amovible. A droite de la machine se trouve le mécanisme transmetteur, également amovible. On peut les employer séparément ou tous les deux ensemble ; on enlève celui dont on ne se sert pas. Un compteur de frappe fait partie de la machine ; il allume une lampe, environ dix lettres avant la fin de la ligne, pour donner à l'opérateur le temps de la finir ou de diviser un mot convenablement. Une des touches du clavier, réservée à cet effet, lorsqu'elle est

Digitized by Google

abaissée, rappelle le mécanisme compteur à zéro, fait avancer le papier et remet à la ligne. L'appareil peut être disposé pour être



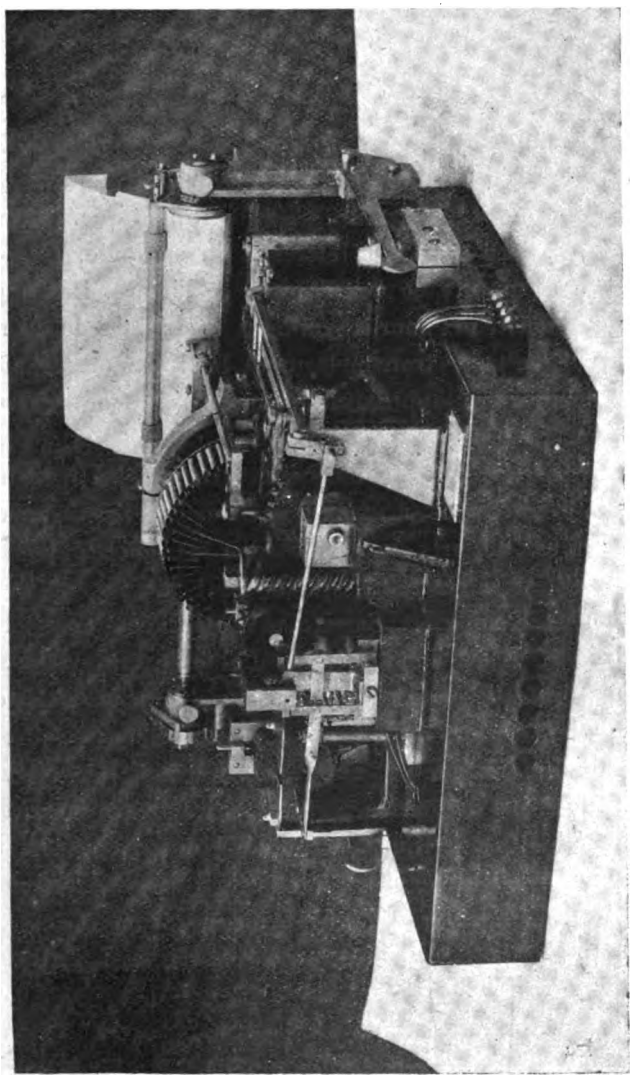
actionné par le moteur d'entraînement qui fait partie de l'imprimeur récepteur utilisé sur le circuit. L'accouplement mécanique



et les connexions électriques, ligne et batteries, se font d'eux-mêmes en posant la machine sur la table.

2. — **Le transmetteur automatique.** — Cet appareil transmet les messages au moyen de la bande perforée, à toutes les

Digitized by Google



Digitized by Google

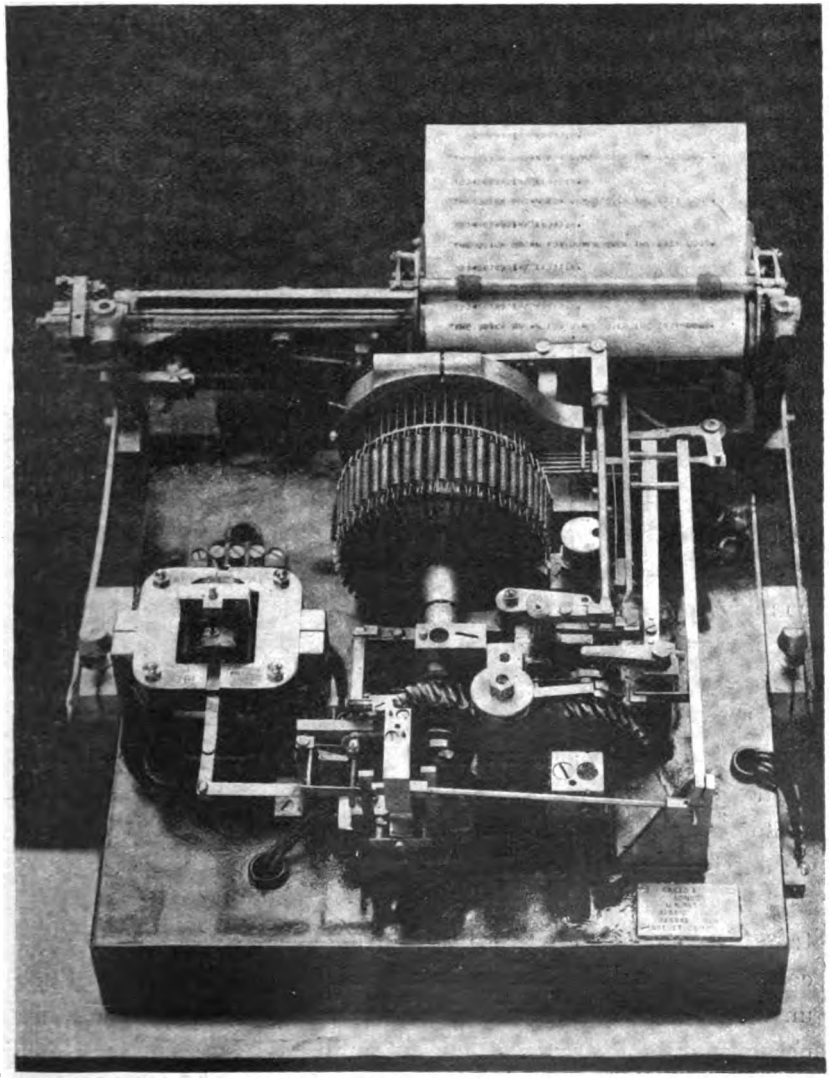
vitesses compatibles avec le mécanisme imprimeur ou les lignes. Il se recommande pour les circuits difficiles ou lourdement chargés. Sa construction comporte deux parties : le socle, supportant le moteur ; le mécanisme transmetteur. Ce dernier est facilement enlevé pour l'inspection ou le remplacement.

3. — **L'imprimeur.** — L'instrument fonctionne sous l'action directe des courants de ligne, transmis par le clavier-transmetteur ou par le transmetteur automatique. Sa vitesse maximum est d'environ 15 lettres à la seconde, c'est-à-dire 150 mots à la minute et 9.000 mots à l'heure. Les appareils actuels sont construits pour travailler à une allure de 85 mots à la minute. Le clavier transmetteur et le transmetteur automamatique comportent approximativement la même vitesse que l'imprimeur. Le réglage de la vitesse se fait aisément, grâce à un petit « stroboscope ». Cet instrument permet à l'opérateur de s'assurer si la vitesse de sa machine est correcte, et de la rectifier si besoin en est. Le prix du stroboscope est de quelques francs. Son volume est si restreint, qu'on peut facilement le porter dans la poche de son gilet. Sa vitesse a été fixée à l'atelier ; elle est invariable. Il est ainsi possible d'obtenir une vitesse identique dans toutes les contrées d'un pays. *Le synchronisme n'est pas nécessaire*, car lors de la transmission de chaque lettre, l'axe principal de l'imprimeur fait une révolution complète et s'arrête ; il s'ensuit qu'une différence d'allure entre le transmetteur et l'imprimeur se trouve limitée à un tour du mécanisme imprimeur, et ne s'accumule pas. L'on se rend compte que de cette manière le transmetteur et l'imprimeur ne peuvent marcher à contretemps. L'imprimeur a, comme seul réglage, l'ajustement de la vitesse.

Il est possible d'employer un changement de vitesse, genre boîte à vitesse d'automobile, qui peut être fixé sur chaque instrument. Le transmetteur et l'imprimeur peuvent alors rapidement passer d'une allure vive à une plus lente, ou vice-versa, de manière à s'accommoder aux conditions de ligne et de trafic. La vitesse du moteur électrique n'a pas à changer.

Digitized by Google

L'imprimeur est ordinairement construit sur un pied indé-



pendant (arrangement usuel pour le service de presse) ou installé sur une table, ainsi que le préfèrent les bureaux télégraphiques. Le moteur est à part de l'imprimeur. L'accouplement

Digitized by Google

mécanique et les connexions électriques, ligne et batteries, se font d'elles-mêmes en posant l'imprimeur sur son pied ou sur sa table.

La question de l'accouplement du clavier transmetteur avec l'imprimeur, ainsi que l'incorporation du moteur dans l'appareil fut sérieusement étudiée par le service technique de l'office britannique. Il fut décidé que le moteur devrait être séparé des appareils et que ces appareils devraient faire des unités distinctes. Le système devait d'abord être mis sur des circuits normalement duplexés, c'est-à-dire là où deux opérateurs à chaque extrémité de ligne assurent le service pendant les heures de presse, l'un à la transmission, l'autre à la réception. Dans ce but, la disposition la plus heureuse serait d'avoir le transmetteur sur la table, à droite de l'imprimeur, les centres respectifs des deux machines étant situés à environ 85 centimètres l'un de l'autre. La marche en duplex serait adoptée si la condition de la ligne le permettait. Il fut aussi admis qu'il serait avantageux de se servir d'un seul moteur pour entraîner les deux machines, chaque machine s'accouplant mécaniquement au moteur et les connexions électriques se faisant automatiquement en mettant les instruments en place.

La séparation effective du transmetteur et de l'imprimeur ainsi que celle de leur moteur, fut préférée afin de simplifier la partie mécanique et d'obtenir des unités indépendantes. Le moteur peut être placé sous la table, au dessous des appareils, ou derrière eux sur la table.

L'imprimeur est construit pour fonctionner seul et sans distributeur, sur des circuits peu chargés. Cependant, l'on se rend compte qu'il suffit d'une petite modification pour l'exploiter sur un circuit Baudot. Il serait alors avantageux d'utiliser le clavier perforateur et le transmetteur automatique Murray à la transmission, et l'imprimeur Creed à la réception, à la place du traducteur Baudot, ce qui permettrait à chaque secteur de marcher à une vitesse de plus de 45 mots à la minute. Un résultat encore meilleur pourrait être obtenu sur des circuits au multiplex par l'emploi du vibrateur et de la roue phonique Murray.

Digitized by Google

Pour l'exploitation des appareils, comme nous l'avons décrit, un seul opérateur serait en service en période calme ; assis au clavier perforateur et dirigeant le service, il détacherait les dépêches au fur et à mesure de leur arrivée. Quand les proportions du trafic ne lui permettraient plus de diviser son attention entre la transmission et la réception, un autre opérateur s'occuperait de l'imprimeur ou même de deux ou trois autres sur d'autres circuits.

A des vitesses ne dépassant pas 100 mots à la minute, l'imprimeur fonctionne avec un courant de ligne n'excédant pas 15 milliampères, ce qui rend cet appareil capable de fonctionner sans relais de ligne sur des fils de longueur modérée et de bon isolement. Un certain nombre d'imprimeurs peuvent être reliés à un seul transmetteur. Cette méthode est employée à Londres par une agence de nouvelles : quinze imprimeurs sont actionnés par un seul transmetteur automatique, fonctionnant à 85 mots à la minute, ou par un seul clavier transmetteur. On peut relier un de ces imprimeurs par un fil téléphonique ordinaire, sans pour cela gêner les communications téléphoniques. Son adoption est à recommander aux maisons qui échangent un nombre élevé de télégrammes journellement, ou aux services de presse qui désirent l'intercommunication de leurs bureaux et un service direct avec le central télégraphique.

L'impression sur page se fait sur une large bande qui se déroule ; les télégrammes peuvent être coupés à l'aide de ciseaux ou du dispositif de coupe fixé à la machine. Les feuilles sont alors collées ou attachées aux formules usuelles et sont prêtes à être livrées. Au cas où l'impression sur bande serait préférée, l'on peut en quelques minutes remplacer le mécanisme d'impression sur bande par celui sur page.

L'imprimeur est recouvert d'une boîte formant couvercle ; le devant est muni d'une glace qui laisse voir le mécanisme. Cet imprimeur sous couvercle est le plus silencieux de tous les télégraphes imprimeurs rapides.

L'encre pour l'impression provient d'un petit rouleau et non d'un ruban ; ces petits rouleaux encrés sont facilement changés

Digitized by Google

par l'employé de service : cette opération se fait en quelques secondes ; la dépense par jour, pour ces rouleaux, sur un circuit moyen, est d'environ 50 centimes. Si l'on se sert d'encre à copier, la copie des télégrammes est facilement obtenue par une machine à copier ordinaire. En vue de faciliter le fixage d'un message sur une formule de télégramme, le papier du rouleau peut être gommé d'avance ; il n'est nécessaire alors que d'humecter la feuille pour la fixer.

Une caractéristique de l'imprimeur est la mise en marche et l'arrêt automatique du moteur. Grâce à un dispositif simple, le premier signal reçu met le moteur en marche ; l'imprimeur est instantanément prêt à recevoir. Si la transmission s'arrête, dans un temps préalablement déterminé, soit 10, 20 ou 30 secondes, le moteur s'arrêtera automatiquement, quitte à se remettre en marche lors du premier signal nouveau. On réalise ainsi une économie sensible.

Le moteur qui actionne le clavier transmetteur est commandé par un commutateur à main ou automatique, à volonté.

Digitized by Google

LE MATÉRIEL FRANÇAIS POUR LIGNES AÉRIENNES,

Par E. PICAULT,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Lorsque, peu après 1900, l'établissement d'un réseau téléphonique interurbain fut entrepris dans notre pays, il fut vite constaté que les lignes existantes ne pourraient pas supporter le nombre excessif de fils nouveaux qu'il deviendrait nécessaire de poser pour assurer les liaisons téléphoniques et répondre aux besoins du commerce et de l'industrie. On songea vers cette époque à utiliser des câbles téléphoniques ; mais, bien que Vaschy en France eût dès 1888 établi le principe de ce qu'on appelle maintenant les câbles chargés, il n'était pas encore praticable de construire dans ce but des lignes souterraines de quelque longueur. Ce ne fut d'ailleurs qu'en 1916, au moment où les amplificateurs téléphoniques furent mis en service, qu'il fut possible d'établir des lignes téléphoniques souterraines d'une longueur dépassant 300 kilomètres en fil de diamètre réduit. Les lignes aériennes avaient donc à l'époque une importance primordiale en téléphonie, et c'est ce qui explique les recherches qui ont été faites à cette époque dans tous les pays du monde à leur sujet ; l'augmentation du nombre des fils fut d'ailleurs obtenue généralement en fixant les consoles qui supportent les isolateurs, non plus au poteau, mais à des traverses horizontales assemblées au poteau, ce qui a permis de placer dans chaque plan horizontal, non plus un ou deux fils, mais quatre, huit et plus.

Le matériel imaginé par M. Lorain, alors ingénieur du service extra-muros de la région de Paris, s'applique aux lignes interurbaines comme aux lignes urbaines. Les lignes interurbaines sont construites sur poteaux, les lignes urbaines sur

Digitized by Google

appuis métalliques ; il est d'ailleurs facile de passer de l'un des types à l'autre.

Les plus importantes sont construites sur traverses, en tube creux à section carrée ; il existe deux types de tube carré : l'un de 45mm de côté extérieur, l'autre de 35mm de côté extérieur. La fixation des consoles sur les traverses se fait au moyen de brides, en forme d'U, qui embrassent les traverses sur trois de leurs côtés ; l'extrémité de chaque branche est filetée ; la console présente d'autre part une partie plate, percée en usine de deux trous dans lesquels on fait pénétrer les deux branches extrêmes de la bride ; deux boulons, placés sur chaque partie filetée, permettent de serrer la console contre la traverse. L'assemblage ainsi réalisé est très bon, car la forme carrée de la traverse empêche toute rotation de la console autour d'elle. Une autre particularité contribue à empêcher la rotation de la console : celle-ci est double et porte deux isolateurs placés l'un au-dessus, l'autre au-dessous de la traverse ; les tractions exercées par les deux fils tendent à faire tourner la console en sens inverses, ce qui supprime toute cause de rotation. Du fait que la console est double, résulte une légère difficulté de fabrication, mais aussi un avantage : le nombre des ferrures est réduit de moitié.

Pour fixer la traverse sur un poteau en bois, on commence par la fixer à une plaque elle-même assemblée au poteau par deux boulons ; une semelle de fixation donne une bonne adhérence entre la face plane de la plaque et la surface arrondie du poteau. Ce mode de fixation paraît un peu compliqué, mais il a l'avantage de ne pas diminuer la résistance mécanique du poteau, comme cela a lieu quand on entaille le poteau pour y placer une traverse en bois. Il permet de faire glisser à volonté la traverse, de manière que son milieu ou ses extrémités se trouvent en face du poteau : c'est un avantage précieux dans beaucoup de cas, et qui manque en particulier à certains autres types de traverses façonnées en leur milieu de manière à embrasser le poteau.

On peut ainsi armer un poteau à la demande, ce qui permet d'utiliser au mieux le terrain disponible pour la construction, de

Digitized by Google

manière que les fils soient placés de part et d'autre ou d'un seul côté du poteau.

La longueur d'une traverse dépend de la distance d'armement et du nombre des fils qu'elle doit porter. Quand la distance de deux fils voisins est donnée (elle est de 30^{cm} dans le dernier type des lignes françaises, qui portent cinq consoles par étage), on en déduit facilement la longueur de la traverse, en observant que les deux consoles qui encadrent chaque poteau doivent être espacées de 50^{cm} afin que les ouvriers puissent avoir accès aux fils des étages supérieurs. Une traverse de ligne double (deux poteaux par appui) à cinq groupes a ainsi une longueur de 3^{m},15.

Les lignes interurbaines sont construites sur traverses de 45^{mm} de côté, ayant des longueurs de :

3^{m},15 pour ligne double à 5 groupes armée à 30^{cm} ;

1^{m},15 pour ligne simple à 5 groupes armée à 30^{cm}.

Les lignes urbaines peuvent être fixées soit au-dessus des toits des immeubles, soit sur les façades des maisons. Dans le premier cas, elles sont construites sur traverses ; les appuis sont des montants en tube carré de 70^{mm} de côté, fixés soit aux pignons, soit aux charpentes. La distance d'armement est de 25^{cm}, ce qui donne des traverses de 1^{m},05 de longueur pour les lignes simples et de 2^{m},30 pour les lignes doubles. Les lignes en façade, qui ne peuvent être très chargées parce qu'elles obstrueraient la vue des habitants des immeubles, sont construites sur consoles ; elles sont placées sur potelets, fixés aux murs par des tiges de scellement assemblées à eux au moyen de flasques. Les potelets et tiges sont en tube carré de 45^{mm} de côté. Chaque console porte deux isolateurs, placés de part et d'autre du potelet ; ces deux isolateurs ne sont pas symétriques par rapport au milieu de la console : l'un est beaucoup plus rapproché que l'autre : les consoles se placent deux à deux face à face, de manière que la grande tige de l'une soit en face de la tige courte de l'autre. Il se trouve ainsi quatre consoles par étage de fils. Deux boulons avec écrous passent dans des trous ménagés à l'avance dans les consoles, qui sont placées en leur milieu, et

Digitized by Google

permettent de les serrer l'une contre l'autre. La consolidation est faite au moyen de jambes de force en tube carré.

Ce matériel de lignes, qui paraît au premier abord un peu compliqué, présente les avantages suivants :

la forme de tube donne une résistance mécanique élevée sous un poids faible ;

le matériel est très maniable, parce qu'il est léger et qu'il peut être mis en place par simple serrage d'écrous, sans aucun percement, et par suite au moyen d'une simple clé ;

le matériel est peu oxydable ; toutes les pièces sont galvanisées en usine et, comme on ne les perce jamais, la couche de zinc recouvre complètement la surface de la pièce, ce qui est une condition essentielle pour sa durée.

Ce matériel est bien standardisé : il n'existe que deux types de tubes carrés, le tube de 35 et le tube de 45^{mm}, qui peuvent se fixer l'un et l'autre sur poteaux ; il est très facile de passer de l'un à l'autre ; au besoin, les lignes en façade armées en consoles peuvent comprendre des appuis de même type placés sur poteaux, car la tige à scellement de 45^{mm} de côté peut prendre place dans les brides qui servent à fixer la traverse de 45^{mm} de côté, qui a la même forme extérieure qu'elle.

Les consoles peuvent glisser à volonté le long des traverses, ce qui permet d'écarter les fils des jambes de force ou des haubans, et de donner à la traverse une position quelconque. Il est également possible de placer les deux poteaux d'une ligne double à leur distance normale, ou à une distance moindre, ou l'un contre l'autre, suivant le cas.

Les avantages d'ordre électrique qui résultent de la position des fils sont également intéressants. Les fils sont placés par groupes de quatre, reposant sur les isolateurs de deux consoles voisines ; ils occupent ainsi, sur chaque appui, les quatre sommets d'un carré. Les deux fils d'un même circuit sont fixés aux deux sommets diagonalement opposés du carré.

L'équilibrage des circuits est obtenu non par des croisements comme c'est généralement le cas dans les autres systèmes, mais par des « rotations », chaque fil d'un groupe venant

Digitized by Google

prendre la place de celui qui le précède en tournant sur certains appuis convenablement choisis.

La position des fils « en diagonale » augmente la distance des deux fils d'un même circuit, ce qui diminue la capacité et accroît la self-induction. Il s'ensuit que l'affaiblissement des circuits est moindre que si les fils étaient placés sur deux isolateurs voisins.

Les deux circuits d'un même groupe sont naturellement combinables ; l'équilibrage du combiné est réalisé par les rotations des circuits combinants. L'affaiblissement du circuit combiné est un peu supérieur à celui des combinants.

En fait, le matériel Lorain est le résultat d'une longue expérience, et les diverses pièces qui le composent ont été prévues pour répondre à tous les cas particuliers de la pratique, sans qu'on ait à recourir à des solutions de fortune. Il forme un ensemble cohérent. A l'usage, il a donné satisfaction, pour la conservation en magasin, le transport, la mise en œuvre, la solidité, la durée et le prix.

Digitized by Google

L'APPLICATION DU RÉGIME DE LA CONVERSATION TAXÉE A PARIS,

Par René BICHON,
Inspecteur à la direction des Services téléphoniques de Paris.

Le régime de la conversation taxée a été substitué progressivement, à Paris, au régime de l'abonnement forfaitaire à partir du 1er février 1925. C'est à cette date, et au fur et à mesure de leurs échéances trimestrielles d'abonnement, que sont tout d'abord passés au nouveau régime les abonnés de Gobelins, Passy et Trudaine. Puis celui-ci a été successivement étendu aux abonnés des diverses circonscriptions de Paris : Central, Gutenberg, Louvre et Bergère (1er mars 1925), Élysées (16 mars 1925), Auteuil, Nord et Combat (1er mai 1925), Archives (16 mai 1925), Roquette et Diderot (16 juin 1925), Ségur et Fleurus (1er juillet 1925), Wagram, Galvani et Laborde (16 août 1925), Marcadet (1er janvier 1926).

Le nouveau régime n'a pu être appliqué que progressivement, en raison de la nécessité de vérifier méthodiquement les compteurs, d'organiser dans chaque bureau les services de comptabilité urbaine et de procéder, d'accord avec la direction de la Seine, au récolement des postes d'abonnés. On se rendra compte de l'importance de ces travaux lorsqu'on saura que le réseau de Paris comprenait au 31 janvier 1925 : 112.806 lignes mixtes, 1.640 lignes spécialisées pour les communications interurbaines, dites spécialisées Inter, 2.806 lignes spécialisées pour le trafic de départ, et 1.596 lignes spécialisées pour le trafic d'arrivée, soit un total de 118.848 lignes principales.

A la date du 31 octobre 1925, la taxation des communications urbaines et suburbaines s'appliquait à 116.730 lignes mixtes et 3.081 lignes spécialisées au départ.

Nous nous proposons d'exposer les mesures préliminaires

Digitized by Google

prises en vue de l'application de la conversation taxée (organisation d'une zone suburbaine), les raisons qui ont conduit à la suppression du régime forfaitaire, l'organisation générale du nouveau régime de taxation ainsi que les motifs qui ont amené l'administration à adopter telle solution plutôt que telle autre.

Organisation d'une zone suburbaine. — L'application du régime de la conversation taxée a été précédée de la suppression du « groupe » de Paris et de l'organisation d'une zone dite suburbaine. Rappelons que le groupe de Paris était constitué par un certain nombre de localités de la banlieue avec lesquelles les abonnés forfaitaires de Paris communiquaient gratuitement. La constitution de ce groupe, faite au hasard de la construction des circuits au début de l'introduction du téléphone en France, donnait lieu à des critiques justifiées. On obtenait gratuitement de Paris des localités relativement éloignées, telles que Saint-Germain-en-Laye et Juvisy, alors que les communications pour des localités de la banlieue immédiate, Clamart, Vanves, Saint-Mandé, par exemple, étaient taxées à raison de 50 centimes par unité de 3 minutes. Il a paru plus logique de substituer à ce groupe, au moment où on appliquait le régime de la conversation taxée, une zone suburbaine, constituée par une couronne comprenant les communes limitrophes de Paris et les communes limitrophes de ces dernières. Les localités de cette zone, qui s'étend donc à partir de Paris sur une profondeur de deux communes, sont obtenues moyennant une taxe de 30 centimes, égale au double de la taxe urbaine (1).

Raisons admises pour la suppression du régime forfaitaire. — Trois raisons principales justifiaient la substitution du régime de la conversation taxée au régime de l'abonnement forfaitaire.

Il y avait tout d'abord une question d'équité. Sous le régime forfaitaire, la ligne à faible consommation paye aussi cher que

(1) Provisoirement, les localités de cette zone sont obtenues gratuitement par les abonnés de Paris encore soumis au régime forfaitaire.

Digitized by Google

la ligne à fort trafic. De sorte que l'on fait payer pour l'une une somme trop élevée et pour l'autre une somme trop faible. L'équité exige que les versements demandés à chaque abonné soient proportionnés à sa consommation, c'est-à-dire au travail qu'il donne au service.

D'autre part, le régime forfaitaire et les abus qu'il entraînait (postes mis à la disposition de tiers et occupation de la ligne pendant une durée excessive, par exemple) avaient pour résultat d'augmenter le trafic dans des proportions telles, que l'exécution du service en devenait défectueuse. Lorsque le personnel est surmené par suite de l'afflux des demandes, on ne peut raisonnablement s'attendre à ce qu'il fournisse un travail parfait. Si l'application du régime de la conversation taxée n'a pas donné à ce sujet tous les résultats qu'on attendait, c'est uniquement, à notre avis, parce que la taxe unitaire de 15 centimes, qui n'est pas suffisamment rémunératrice, est trop faible.

Enfin les lignes à fort trafic qui ne payaient qu'une redevance forfaitaire donnaient lieu à une exploitation nettement déficitaire. Pour certaines d'entre elles, la perte subie par l'État dépassait 3.000 francs par an et par ligne.

Conditions générales d'application du régime de la conversation taxée. — Le régime de la conversation taxée a été établi sur les bases suivantes.

Tout d'abord, on exige de tout nouvel abonné le payement d'une part contributive destinée à couvrir une partie des dépenses qu'entraîne la construction de la ligne. Cette part contributive, dont le montant est de 700 francs dans le réseau de Paris, était d'ailleurs déjà perçue sous le régime forfaitaire. De plus, comme elle ne couvre qu'une partie des frais qu'entraîne l'établissement d'une ligne et que, par suite, un abonnement de trop courte durée ne serait pas rémunérateur pour l'administration, on impose pour les abonnements principaux une durée minimum, qui est de deux ans.

En outre, l'abonné doit payer une redevance annuelle d'abonnement fixée à Paris à 360 francs par ligne principale

Digitized by Google

mixte et à 300 francs par ligne principale spécialisée (inter, départ ou arrivée). Cet abonnement représente la rémunération des dépenses qui sont indépendantes du trafic (1).

Enfin l'abonné est soumis, pour chaque communication, à une taxe universitaire qui s'élève à 15 centimes pour les communications urbaines et à 30 centimes pour les communications établies avec les localités de la zone suburbaine. Cette taxe s'applique, en principe, à une communication de 3 minutes. Mais en fait, il n'est tenu compte de la durée que lorsqu'il y a abus manifeste de la part de l'abonné.

Fonctionnement des compteurs. — Cette taxation des communications à l'unité, si elle a pu, à un certain moment, provoquer quelque émoi, n'est certes pas une nouveauté en France ; c'est en effet ce régime qui est depuis longtemps appliqué en province, sauf dans les villes très importantes. Pour déterminer le nombre d'unités locales dues par l'abonné, la téléphoniste de province dispose généralement, sur son keyboard, d'un document comportant une case pour chaque abonné, case dans laquelle elle note par un trait vertical au crayon les communications urbaines obtenues. Une telle pratique ne saurait être admise dans l'exploitation d'un grand réseau où, pour ne pas ralentir l'exécution du service, il convient de débarrasser les opératrices de tout travail qui n'a pas trait à l'établissement des communications. C'est pourquoi, à Paris, les communications sont enregistrées par des compteurs. Chaque ligne principale mixte ou spécialisée au départ est munie d'un compteur individuel qui fonctionne automatiquement et seulement au moment de la réponse du correspondant demandé.

Les compteurs sont installés dans les bureaux téléphoniques et réunis sur des bâtis spéciaux. Cette installation des comp-

(1) Sous le régime forfaitaire, la taxe d'abonnement pour ligne principale mixte (ligne permettant de recevoir des communications de départ et d'arrivée) était fixée à 700, 1.000 ou 1.200 francs par an suivant la catégorie à laquelle appartenait le poste. En outre, l'abonné devait fournir son appareil téléphonique que, sous le régime de la conversation taxée, il peut louer moyennant une redevance de 24 francs par an.

Digitized by Google

teurs dans les bureaux de l'administration a été l'objet de critiques. Pourquoi chaque abonné n'aurait-il pas son compteur téléphonique à domicile, comme il a son compteur d'eau, de gaz et d'électricité ? Remarquons d'abord que l'installation du compteur au domicile de l'abonné posait un problème technique qui n'a jamais été résolu d'une manière satisfaisante. De plus, les conditions dans lesquelles sont distribuées l'eau, le gaz et l'électricité ne peuvent être comparées aux conditions d'installation des lignes téléphoniques. L'eau, le gaz et l'électricité sont amenés au domicile de l'abonné au moyen de conduites ou de lignes communes à plusieurs abonnés et sur lesquelles est branchée en dernier lieu la conduite ou la ligne qui dessert le domicile de l'abonné. Au téléphone, au contraire, chaque abonné a sa ligne individuelle qui le relie directement au bureau. Les compagnies d'eau, de gaz ou d'électricité ne peuvent donc faire autrement que d'installer leurs compteurs aux domiciles de leurs abonnés. Il n'est pas douteux que, si ces compagnies avaient pu placer leurs compteurs dans leurs usines mêmes, elles eussent adopté cette solution, qui leur eût permis d'éviter des frais généraux très importants.

Résulte-t-il de l'installation des compteurs dans les bureaux téléphoniques que l'abonné soit privé de toute garantie ? Écartons d'abord toute idée de malveillance de la part du personnel, qui n'a aucun intérêt à ce que le compteur de tel ou tel abonné marque un nombre de communications plus ou moins élevé. Notons ensuite que la surveillance des compteurs est facile, étant donné leur disposition par panneaux dans des salles où n'ont accès que les agents qualifiés, et qu'enfin l'abonné peut contrôler, tout au moins approximativement, le bon fonctionnement de son compteur. Rien n'est plus simple pour lui, en effet, que de compter ses communications pendant une période plus ou moins longue, de façon à pouvoir établir une moyenne. On reconnaîtra qu'il est difficile de surveiller aussi étroitement les compteurs d'eau, de gaz ou d'électricité, qui, par suite, sont gradués avec une certaine marge de tolérance.

Digitized by Google

Rectification des erreurs. Détaxes. — Nous avons dit que les compteurs téléphoniques fonctionnaient au moment de la réponse du poste demandé. Par suite, lorsque ce poste ne répond pas ou lorsque l'abonné demandé n'est pas libre, le compteur n'enregistre aucune unité. Il est bon d'insister sur le fait que, malgré la modicité de la taxe des communications urbaines, l'administration ne fait payer aux abonnés ni les non-réponses, ni les « pas libre ». Cependant, dans l'un et l'autre cas, le travail effectué par les opératrices a été le même que si la communication avait abouti et, lorsque le correspondant demandé ne répond pas ou si la ligne est occupée, la faute n'en incombe nullement au service. Les communications qui n'aboutissent pas dans ces conditions, c'est-à-dire sans qu'il y ait faute de l'administration, représentent une part très importante du trafic total : 18 à 20 % environ.

Bien inférieur est le nombre des communications n'ayant pas abouti par suite d'une fausse manœuvre de l'opératrice et enregistrées néanmoins au compteur (faux numéros et communications coupées). Mais, dans ce cas, la rectification ou le rétablissement de la communication peut être obtenu par l'abonné, qui doit alors rappeler sa téléphoniste en agitant lentement et à plusieurs reprises le crochet commutateur de son appareil (1). C'est ce qu'on appelle le « rappel sur supervision. » Dans ces conditions, la téléphoniste effectue la rectification, sans être obligée d'établir un ticket de détaxe. Tant que la fiche de réponse du dicorde utilisé reste enfoncée dans le jack local de l'abonné demandeur, le compteur n'est pas en effet réamorcé, et il est, par suite, possible à l'opératrice de donner satisfaction à l'abonné sans que le compteur enregistre une nouvelle unité.

Dans le cas où cette procédure n'est pas possible (cas où le faux numéro et la coupure intempestive sont suivis d'une « non réponse ou d'un « pas libre », cas où l'abonné a été relié par erreur sur une ligne occupée), la téléphoniste, rappelée

(1) Il suffit aux abonnés de Fleurus d'abaisser une ou deux fois le crochet commutateur pour provoquer le scintillement permanent de la lampe de supervision au bureau central.

Digitized by Google

immédiatement par l'abonné intéressé, avise sa surveillante, qui établit alors un ticket de détaxe.

L'établissement de tickets de détaxe est en outre prévu de façon à ne pas faire entrer en ligne de compte les communications demandées par les fonctionnaires et agents de l'administration à partir des postes abonnés (contrôle, entretien et montage) ou par les abonnés à destination de certains services : service des renseignements, lorsque l'abonné demandé est résilié, transféré ou suspendu ou encore lorsqu'il y a erreur à l'annuaire; service des réclamations ou des surveillantes, lorsque l'abonné formule une plainte contre une opératrice ou contre le service, ou lorsqu'il signale le dérangement de son poste.

Enfin les demandes de communications interurbaines, dans les bureaux où elles sont enregistrées par les compteurs, et les communications obtenues par les abonnés avec le service des télégrammes téléphonés ne sont pas soumises à la taxe urbaine. Mais, pour des raisons de comptabilité, la détaxe en est reportée sur le mois suivant.

Application de la taxe unitaire. — Nous avons vu plus haut que les communications urbaines étaient soumises à une taxe unitaire de 15 centimes. Cette taxe est perçue dans les conditions suivantes.

L'abonné verse, en même temps que ses redevances d'abonnement trimestrielles, le quart de la somme correspondant à 2.000 unités annuelles de communication à 15 centimes, soit 300 francs pour la période annuelle et 75 francs par trimestre. Cette somme est acquise à l'administration même si l'abonné ne consomme pas au cours de la période annuelle les 2.000 unités afférentes au minimum de consommation. Notons, en passant, que la période annuelle ne court pas du 1er janvier au 31 décembre de l'année en cours, mais qu'elle part de la date du passage au régime de la conversation taxée ou de la mise en service s'il s'agit d'une ligne nouvelle.

La répartition des 2.000 unités au cours de la période annuelle se fait, bien entendu, au gré de l'abonné. Ce n'est

Digitized by Google

que lorsque ces 2.000 communications ont été dépassées que les taxes des unités en excédent sont recouvrées, mois par mois, dans les mêmes conditions et en même temps que les taxes des communications interurbaines.

Concessions faites aux gros consommateurs. — De même que dans le commerce il y a les prix de gros et les prix de détail, certaines mesures ont été prises en vue de conférer quelques avantages aux consommateurs importants, c'est-à-dire à ceux que l'administration peut considérer comme ses meilleurs clients :

1° Lorsque le montant des taxes mensuelles (abstraction faite des taxes afférentes au minimum) dépasse 100 francs, l'abonné bénéficie d'un escompte de 5 % pour la portion comprise entre 100 et 200 francs, de 10 % pour la portion comprise entre 200 et 300 francs, et de 20 % pour la portion supérieure à 300 francs.

2° La taxe d'abonnement des postes supplémentaires a été réduite de 100 à 60 francs (1). Cette réduction se justifie par le fait que les communications échangées à partir de ces postes avec le réseau sont soumises à la taxe de 15 centimes. Elle a permis de résoudre la question épineuse des postes d'immeubles, la diminution du droit fixe d'abonnement (postes supplémentaires et ligne principale) compensant dans la majorité des cas la dépense supplémentaire résultant de la taxation des communications.

3° Lorsqu'un abonné a plusieurs lignes aboutissant sur un même tableau et ayant un trafic d'arrivée de même nature, ces lignes peuvent être groupées au point de vue du minimum (on n'exige de l'abonné que le versement, par fractions trimestrielles, de la somme correspondant à 2.000 unités de conversation, quel que soit le nombre de ses lignes), au point de vue de l'escompte (c'est sur le total des taxes dues pour l'ensemble des lignes que s'applique l'escompte), et enfin au point de vue de la limitation du trafic dont nous allons parler plus loin.

(1) Les postes supplémentaires établis par l'industrie privée ont également subi une réduction proportionnelle.

Digitized by Google

Lorsqu'un abonné n'a que deux lignes et que celles-ci ne sont pas reliées sur un bureau, elles peuvent être exceptionnellement groupées, à condition qu'elles aboutissent dans la même pièce et qu'elles figurent à l'annuaire sous la même désignation (c'est-à-dire qu'elles aient la même nature de trafic d'arrivée).

Limitation du trafic. — Si, pour accorder le bénéfice du groupement, l'administration a été amenée, sauf dans le cas de deux lignes, à imposer la réunion des lignes groupées sur un même tableau, c'est parce que, lorsque cette condition se trouve réalisée, le trafic se répartit dans de meilleures conditions et s'équilibre à peu près sur chaque ligne ; la standardiste de l'abonné a tendance à faire ses appels au départ sur les lignes les moins demandées à l'arrivée ; les autres, étant dégagées d'autant, sont plus facilement trouvées libres par les correspondants éventuels, et l'exploitation en est un peu moins onéreuse pour l'État puisque le déchet des « pas libres » est diminué. Or nous avons vu que la proportion des « pas libres » est très importante (18 à 20 % du trafic ainsi que nous l'avons indiqué plus haut). Toute mesure susceptible de la réduire présente un grand intérêt, car ces communications inefficaces, qui nécessitent de la part des opératrices le même travail que les communications effectives, encombrent inutilement les lignes et constituent pour le service une gêne dont l'ensemble des abonnés subit les conséquences. On s'en rendra compte lorsqu'on saura que, pour obtenir certains établissements, il faut répéter jusqu'à 10 ou 15 fois le même appel ; l'abonné demandeur s'impatiente, les tiers en pâtissent puisque leurs communications se trouvent retardées du fait que ces appels sans suite viennent s'intercaler dans le trafic ; l'abonné demandé lui-même en souffre, encore qu'il ne s'aperçoive pas toujours que le nombre de ses lignes est insuffisant pour faire face aux exigences de son trafic d'arrivée : ses clients, las d'appeler en vain ses postes, peuvent être tentés de s'adresser à une maison concurrente, dont l'accès, au point de vue téléphonique, est beaucoup plus facile. C'est dans cet ordre d'idées que la loi du 1er août 1924 a limité le trafic des lignes

Digitized by Google

mixtes à 8.000 unités de communication de départ par période annuelle. En fixant ce nombre, on a admis que le trafic d'arrivée était sensiblement égal au trafic de départ et que le nombre total de 16.000 communications (départ et arrivée) ne pouvait être dépassé sans que le service devînt défectueux. Lorsque l'abonné a plusieurs lignes groupées, la limitation du trafic s'étend à l'ensemble de ses lignes, c'est-à-dire que la limite de trafic est fixée à autant de fois 8.000 unités qu'il y a de lignes groupées.

Le trafic des lignes exclusivement réservées au départ n'est pas limité, et c'est logique puisqu'on a eu surtout l'intention de réduire le nombre des communications n'aboutissant pas par suite de l'occupation à l'arrivée.

Pour les lignes excédant les limites du trafic indiquées ci-dessus, la loi donne à l'administration le droit de mettre l'abonné en demeure de prendre une nouvelle ligne. En cas de refus, les unités de communication excédant soit 8.000 s'il s'agit d'une ligne simple, soit le produit de 8.000 par le nombre des lignes groupées, sont soumises à la double taxe (30 centimes au lieu de 15).

Enfin, pour les lignes spécialement réservées au trafic d'arrivée, l'obligation de prendre une nouvelle ligne peut être imposée lorsque le nombre des communications ne pouvant aboutir, par suite de l'occupation de la ligne, atteint 25 % du trafic total.

Ajoutons que, dans le réseau de Paris, les règles relatives à la limitation du trafic ne sont appliquées que dans quelques circonscriptions. Dans certains bureaux, en effet, le nombre des places disponibles est actuellement trop limité (compte tenu de celles qui sont nécessaires pour les abonnés nouveaux) pour qu'on puisse songer à mettre actuellement en vigueur cette réglementation.

Établissement des décomptes destinés aux abonnés. — Nous terminerons cet exposé en indiquant brièvement les conditions dans lesquelles est établi le décompte des communications urbaines de chaque abonné.

Digitized by Google

Les compteurs individuels sont relevés une fois chaque mois : le premiers tiers, le 5 de chaque mois, le second tiers le 15, et le dernier tiers le 25. On ne pouvait songer à relever en une seule fois, en raison de leur nombre, tous les compteurs des abonnés. Deux agents, l'un énonçant les nombres, l'autre les inscrivant, relèvent les chiffres à raison de 400 compteurs environ par heure. On se propose de substituer, aux relevés effectués dans ces conditions, des relevés photographiques. Des essais intéressants ont été faits dans ce sens au bureau de Passy.

Les chiffres relevés aux compteurs permettent aux employés de la comptabilité urbaine d'établir le décompte de l'abonné, décompte qui est reporté sur une fiche indiquant le nombre d'unités de la période mensuelle (du 5 au 5, du 15 au 15, ou du 25 au 25), le nombre d'unités depuis le début de la période annuelle, le nombre d'unités mensuelles comprises dans le minimum exigible, le nombre d'unités taxées à 15 centimes ou, le cas échéant, soumises à la double taxe, l'escompte, s'il y a lieu, et la somme due si l'abonné a plus de 2.000 communications depuis le début de la période annuelle.

Lorsque les lignes de l'abonné sont groupées, celui-ci reçoit une fiche récapitulative qui lui fournit, pour l'ensemble de ses lignes, les renseignements ci-dessus. A cette fiche récapitulative sont jointes des fiches qui lui indiquent le trafic respectif de chacune des lignes groupées.

Lorsqu'il y a lieu à perception, le recouvrement des taxes des communications urbaines est effectué dans les mêmes conditions que celui des taxes des communications interurbaines.

Conclusion. — Telles sont, dans leurs grandes lignes, les modalités d'application du régime de la conversation taxée. Tout en négligeant certains détails d'application ou d'organisation, il nous a paru surtout utile de mettre en lumière les considérations qui ont pu amener l'administration à envisager telles ou telles mesures dont certaines peuvent *a priori* sembler anormales, mais qui cependant apparaissent justifiées lorsqu'on en examine de plus près les raisons.

Digitized by Google

Ajoutons pour terminer que, dans l'ensemble, la substitution du régime de la conversation taxée s'est effectuée à Paris sans grosses difficultés. Le nombre de contestations est infime par rapport au nombre de comptes envoyés (la proportion est inférieure à 4 contestations pour 1.000 comptes envoyés).

Beaucoup de ces contestations, faites d'ailleurs de très bonne foi, proviennent de malentendus : omissions dans les décomptes tenus par les abonnés, communications prises par des employés à l'insu du chef d'entreprise, erreurs dont la téléphoniste n'a pas été avisée en vue de procéder à la rectification nécessaire.

Si le système en vigueur n'est peut-être pas absolument parfait, il est perfectible. Sans qu'il soit besoin de le modifier dans ses grandes lignes, l'expérience faite nous permet de penser qu'il ne serait pas impossible de l'aménager de façon à supprimer les causes de réclamations qui peuvent résulter des quelques malentendus auxquels nous avons fait allusion plus haut.

Digitized by Google

APPAREIL TÉLÉPHONIQUE A PRÉPAYEMENT, DU SYSTÈME HALL, SANS BOUTON D'ENCAISSEMENT.

L'usage des cabines téléphoniques munies d'encaisseurs à prépayement s'est beaucoup développé au cours de ces dernières années. Une décision récente de l'administration autorise l'installation d'encaisseurs à prépayement chez les abonnés ; ceux d'entre eux qui mettent leur poste à la disposition de leur clientèle (hôtels, cafés, etc...) et qui désirent recouvrer les taxes correspondant à ces communications de départ, seront ainsi débarrassés de tout souci de comptabilité.

L'appareil téléphonique à prépayement, du système Hall, actuellement en service sur le réseau téléphonique de Paris, a été décrit dans les *Annales* (mars-avril 1922, p. 460). Son fonctionnement est le suivant : le demandeur provoque l'appel au bureau central en introduisant dans l'appareil une pièce de 25 centimes représentant la taxe unitaire de conversation ; son microphone se trouve alors court-circuité ; ce court-circuit est rompu momentanément, pour permettre au demandeur d'énoncer l'indicatif de son correspondant, par l'opératrice du bureau central qui actionne un bouton d'inversion, adjoint au dicorde. Lorsque l'abonné demandé répond, le demandeur, pour pouvoir lui parler, décourt-circuite définitivement son microphone en actionnant un bouton d'encaissement (dénommé bouton A).

Un nouveau modèle de cet appareil, actuellement en essais, simplifie les manœuvres de l'abonné et de l'opératrice : l'introduction de la pièce de monnaie ayant provoqué l'appel au bureau central, le demandeur peut entendre et parler, après décrochage, comme dans un poste ordinaire (l'artifice qui consistait à court-circuiter le microphone du demandeur est abandonné) ; l'opératrice traite un appel émanant d'un poste à prépayement comme un appel ordinaire : le dicorde qu'elle utilise

Digitized by Google

a un équipement spécial, mais il ne comporte plus de bouton d'inversion. L'encaissement définitif de la pièce de monnaie est commandé automatiquement par l'armature du relais de surveil-

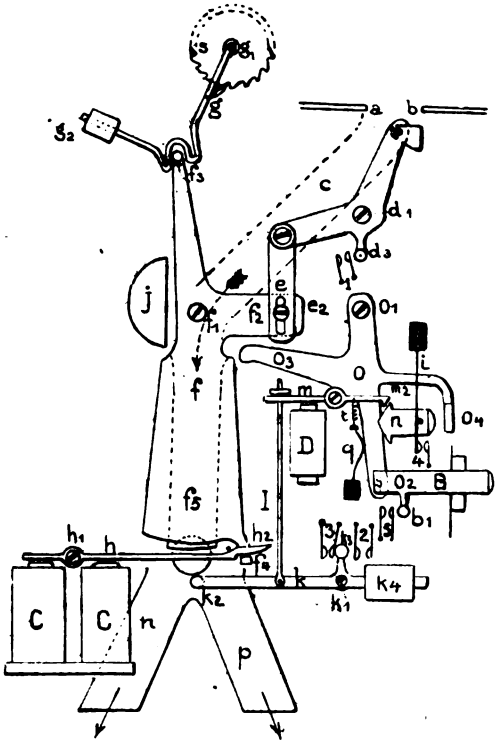


Fig. 1.

lance (côté du demandé) et se produit par conséquent au décrochage du correspondant. Le « bouton A » est supprimé.

En cas d'occupation ou de non-réponse, le demandeur rentre en possession de sa pièce en actionnant, comme dans l'appareil primitif, un bouton de remboursement (dénommé bouton B dans le premier modèle). Comme l'appareil primitif, l'encaisseur du nouveau modèle permet l'appel du poste à prépayement par le bureau central, et une telle conversation d'arrivée est possible sans aucun versement.

La figure 1 représente schématiquement l'agencement mécanique des organes de l'encaisseur Hall, sous sa nouvelle forme ;

Digitized by Google

les contacts actionnés par le jeu de ces organes portent des numéros qui renvoient au schéma des connexions électriques (fig. 2).

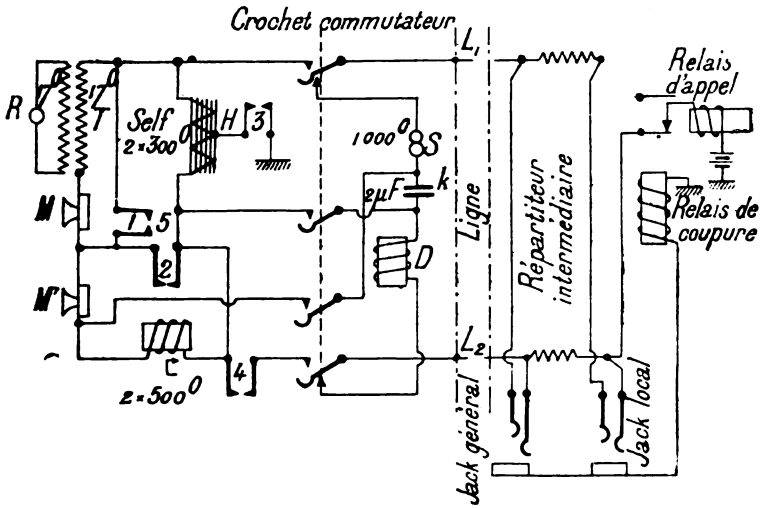
Supposons, pour fixer les idées, que la communication qui a précédé celle que nous allons étudier n'ait pas abouti : les différents organes d, e, f, g, h sont alors dans les positions indiquées sur la figure 1. L'introduction de la pièce dans la fente ab déplace la goupille d_2 solidaire du levier d, qui pivote autour de d_1 et ferme le contact 1 par sa goupille d_3.

La bielle e, entraînée dans ce mouvement, ne modifie pas la position du pendule f, car, dans cette position relative des organes, la goupille f_2 coulisse librement dans la fente e_2. Le pendule f ne se trouve pas dans sa position normale d'équilibre : un poids g_2, appliqué à l'extrémité du levier g pivotant en g_1 et reposant sur une goupille f_3 solidaire du pendule f, sollicite ce dernier dans le sens des aiguilles d'une montre ; mais le pendule f est bloqué par l'armature h du relais polarisé C, en prise par le bec h_2 avec la saillie f_4.

Sitôt après le passage de la pièce sur la goupille d_2, le levier d reprend sa position primitive ; la pièce s'engage dans une glissière c et vient tomber, après avoir heurté un timbre j, dans un compartiment sans fond f_5, solidaire du pendule f ; elle est retenue à la base de ce compartiment par une goupille horizontale k_2, solidaire d'un levier k pivotant en k_1 et sollicité dans le sens des aiguilles d'une montre par le contrepoids k_4. Le poids de la pièce, l'emportant sur le contrepoids, amène le levier k dans la position indiquée sur la figure 1 ; la goupille k_3 ouvre dans cette position le contact 2 primitivement fermé et ferme le contact 3 ouvert primitivement. Le levier k, par l'intermédiaire de la bielle l, entraîne dans son mouvement, l'armature m de l'électro D ; le bec m_2 abandonne la saillie n_1 du bouton n, sollicité vers la gauche par le ressort i, et le contact 4 se ferme.

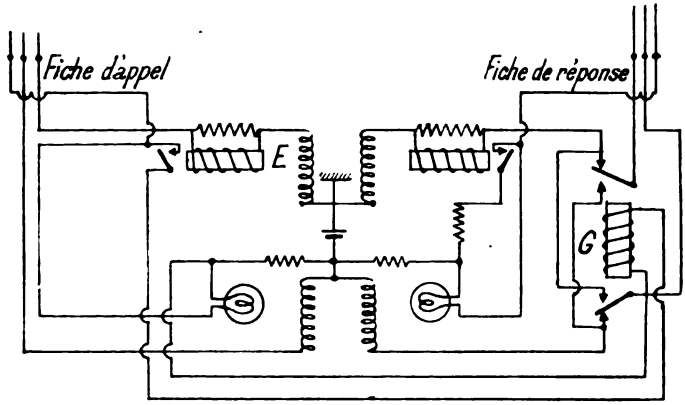
La fermeture du contact 4 rétablit la continuité de l'un des fils de ligne (supposée rompue par une précédente manœuvre de remboursement) ; la fermeture du contact 3 donne une terre à une extrémité de l'enroulement du relais d'appel, et l'appel se

Digitized by Google



Poste à prépayement.

1–5 Mise en court-circuit du poste.
2 Mise en court-circuit de M' et de C.
3 Mise à la terre provoquant l'appel.
4 Rupture du fil de ligne L_2.
M' Microphone auxiliaire.
M Microphone principal.
S Sonnerie magnétique.
K Condensateurs de 2 microfarads.
C Relais (polarisé) d'encaissement.
D Relais auxiliaire.



Dicorde spécial.

E Relais de surveillance (côté du demandé).
G Relais d'inversion.

Fig. 2.

Digitized by Google

produit au bureau central ; l'opératrice introduit dans le jack local la fiche de réponse d'un dicorde réservé au service des postes à prépayement ; la polarité de la batterie ainsi appliquée à la ligne est telle, que le relais polarisé C n'est pas actionné ; le demandeur énonce sa demande ; son microphone M est alors en série avec le microphone auxiliaire M′ et le relais C ; ce dernier est toutefois shunté par le condensateur de 2 microfarads qui se trouvait en série, avant décrochage, avec la sonnerie et le relais D. L'opératrice achève la mise en communication. Deux cas peuvent se présenter :

1° *L'abonné n'est pas libre ou ne répond pas.* — Le demandeur obtient alors le remboursement de sa pièce en actionnant le bouton B ; ce dernier ferme le contact 5, entraîne la goupille O_2 solidaire du levier O pivotant en O_1 ; et le bras O_3, soulevant le bras f_2, fait pivoter le pendule f dans le sens inverse des aiguilles d'une montre ; la pièce, déportée à droite de la goupille k_2, vient tomber dans la glissière de remboursement p. Le levier O, par l'intermédiaire du bras O_4, pousse en outre le bouton n vers la droite : le contact 4 est rompu et le bouton n revient en prise avec le bec m_2 de l'armature m ; la chute de la pièce a permis en effet au levier K d'obéir à l'action du contrepoids k_4, et la bielle l a laissé l'armature m revenir au repos, grâce au ressort t. Le contact 3 est rompu, et le contact 2 est rétabli. Le levier O et le bouton B sont ramenés par le ressort q dans leurs positions primitives dès que le demandeur relâche le bouton B. Le pendule f reprend également la position représentée sur la figure 1. L'état des circuits se trouve alors le suivant : la terre appliquée au milieu de l'enroulement de la bobine H a disparu par l'ouverture du contact 3 ; l'ensemble formé par le microphone auxiliaire M′ et le relais C, est court-circuité en 2 ; enfin le fil de ligne L_2 est coupé en 4. Le système est revenu exactement dans son état primitif.

2° *L'abonné demandé répond.* — Au décrochage de son appareil, l'armature du relais de surveillance E (côté du demandé) du dicorde spécial shunte la lampe de surveillance, qui s'éteint ; un relais G, embroché sur ce shunt, est excité ; son armature

Digitized by Google

permute les pôles de la batterie appliquée à la ligne du demandeur. Le relais polarisé C attire son armature : le bec h_2 se dérobe, et le pendule f, cédant à la sollicitation du poids g_2, pivote dans le sens des aiguilles d'une montre ; la pièce, déportée sur la gauche de la goupille k_2, tombe dans la glissière d'encaissement r. Le levier k obéit à l'action du contrepoids k_1. L'état des circuits électriques est alors le suivant : contacts 2 et 4 fermés, contact 3 ouvert. L'ensemble constitué par le microphone auxiliaire M′ et le relais C est court-circuité ; le contact fermé 4 assure la continuité du fil de ligne L_2. La conversation s'engage entre les deux abonnés. Le levier g a suivi le mouvement de bascule du pendule f_0, en entraînant le rochet s de commande du compteur, qui enregistre une communication effective de départ.

Si, dans cette nouvelle situation des organes, un nouveau demandeur introduit une nouvelle pièce, le mouvement du levier d, qui accompagne cette introduction, a pour effet cette fois de ramener, par l'intermédiaire de la bielle e, le pendule f dans la position de la figure 1. Les différentes phases se succèdent ensuite comme précédemment, avec cette différence que le bouton n ne se trouve pas, cette fois, en prise à l'origine avec le bec m_2 de l'armature m, et que par conséquent le contact 4 est fermé dès le début.

Nous avons vu qu'en cas d'occupation ou de non-réponse la manœuvre du bouton B, laissant le bouton n en prise avec le bec m_2, provoque en 4 la rupture de l'un des fils de ligne. Si, à la suite de circonstances semblables, la cabine est appelée par le bureau central, le courant d'appel traverse le relais D, en série avec la sonnerie et le condensateur, et fait battre son armature, qui relâche le bouton n. La continuité du fil L_2 est donc rétablie en 4. La conversation peut s'engager dès le décrochage de l'appareil, le microphone M′ et le relais C étant court-circuités en 2.

Dans le nouveau modèle d'appareil, la mise en court-circuit du poste ne subsiste plus qu'à titre de précaution accessoire : les contacts 1 et 5, fermés respectivement par les goupilles d_3 et b_1 solidaires du levier d et du bouton B, assurent cette mise en

Digitized by Google

court-circuit. Si, après avoir énoncé la demande (les différents organes étant dans la position indiquée sur la figure 1), on essaye d'empêcher l'encaissement et de maintenir le pendule f dans la position de la figure 1, soit en poussant à fond la goupille d_2 avec un objet quelconque introduit dans la fente ab, soit en appuyant sur le bouton B, la conversation est rendue impossible, les goupilles d_3 ou b_1 fermant alors en 1 ou 5 le court-circuit du poste téléphonique.

La pièce de monnaie heurte au bas de la glissière c le timbre j ; avec le mode actuel de taxation des communications urbaines, le signal ainsi donné est sans intérêt ; mais, lorsque la cabine est ouverte aux communications interurbaines, la téléphoniste du central exige du demandeur le versement d'une taxe supplémentaire ; deux autres glissières, convenablement calibrées, sont prévues pour cet objet, et la téléphoniste contrôle le versement des pièces de monnaie correspondantes en écoutant dans son récepteur le bruit de leur chute sur le timbre (le microphone auxiliaire M′, placé à l'intérieur du timbre, recueille les vibrations de ce dernier).

Avec l'appareil Hall de l'ancien modèle, l'encaissement ne devient définitif que par une manœuvre du demandeur, manœuvre qui n'est exécutée, en principe, qu'après que ce dernier a entendu l'abonné sonné manifester sa présence et a reconnu en lui son correspondant ; en cas de faux numéro, le demandeur peut à ce moment manœuvrer le bouton de remboursement. Avec le nouveau modèle, l'encaissement est définitif dès le décrochage de l'abonné sonné ; en cas d'erreur, le demandeur a, il est vrai, la ressource de rappeler l'opératrice sur lampe de surveillance, en agitant son crochet ; mais, si le numéro correspondant à l'indicatif rectifié n'est pas libre ou ne répond pas, la taxe est irrémédiablement encaissée. En fait, les abonnés n'ont pas l'habitude d'énoncer leur indicatif en décrochant leur appareil, et la supériorité de l'appareil à bouton d'encaissement est plus théorique que réelle. Quel que soit le système de poste à prépayement, le remboursement du demandeur en cas de faux numéro suivi d'occupation ou de non-réponse doit être contrôlé, si l'on veut éviter

Digitized by Google

les abus, par l'opératrice du central : la chose est naturellemen possible dans les systèmes qui laissent à cette dernière la commande des manœuvres d'encaissement et de décaissement; l'appareil Hall ne pourrait donner au public la même garantie que moyennant une complication des mécanismes et de l'agencement électrique.

L'appareil Hall sans bouton d'encaissement n'est pas applicable aux réseaux à batterie locale ; dans ces derniers, en effet, le décrochage du demandé n'agit sur aucun organe du multiple, et l'inversion automatique de l'alimentation sur la ligne du demandeur est impossible dans ces conditions. En revanche, cet appareil s'adapte immédiatement aux réseaux automatiques, dans lesquels la réponse du demandé provoque l'inversion de l'alimentation du demandeur. Dans les réseaux manuels à batterie centrale, l'appareil Hall sans bouton d'encaissement donne, en pratique, à la clientèle les mêmes garanties que l'encaisseur du modèle primitif ; il a l'avantage de simplifier les manœuvres du demandeur et de l'opératrice ; il exige, au bureau central, une modification de l'équipement des dicordes affectés au service des postes à prépayement. R. B.

Digitized by Google

Influence de
L'IMPARFAITE REPRODUCTION DES CIRCUITS RÉELS
par les lignes artificielles, sur l'amorçage d'oscillations parasites dans les relais téléphoniques doubles (1).

MM. Lüschen et Küpfmüller, dans un article publié par *Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern* (11. Band, 1. Heft, 1922), ont cherché l'expression de la plus grande amplification admissible dans un relais téléphonique double, intercalé entre deux circuits d'impédance Z_1 et Z_2, équilibrés par deux lignes artificielles définies par les impédances N_1 et N_2 (fig. 1). L'amplification étant définie par le module du rapport du courant de sortie I_2 au courant d'entrée I_1, soit

$$\left|\frac{I_2}{I_1}\right| = e^v,$$

la plus grande amplification possible (celle à partir de laquelle il y a entretien d'oscillations propres) serait seulement fonction des défauts de reproduction δ_1 et δ_2 des circuits réels par les lignes artificielles, ces déséquilibres étant définis par les relations :

$$\delta_1 = 2\left|\frac{Z_1 - N_1}{Z_1 + N_1}\right| \quad \text{et} \quad \delta_2 = 2\left|\frac{Z_2 - N_2}{Z_2 + N_2}\right|.$$

Or les auteurs précités donnent comme expression de cette amplification limite :

$$e^v = \frac{1}{\sqrt{\delta_1 \delta_2}}.$$

En essayant de vérifier cette formule par des mesures d'amplification sur les montages usuels, l'auteur de l'article que nous

1. Étude (parue dans la *R.G.E.* du 12 décembre 1925) sur un article de M. W. Deutschmann publié dans la *Zeitschrift für Fernmeldetechnik* du 16 mars 1925 (p. 31).

Digitized by Google

analysons a constaté qu'il convenait de la corriger et de l'écrire :

$$e^v = \frac{P}{\sqrt{\delta_1 \delta_2}}.$$

P est une fonction de diverses grandeurs accessibles à la mesure ; elle n'est pas absolument indépendante de δ_1 et δ_2 ;

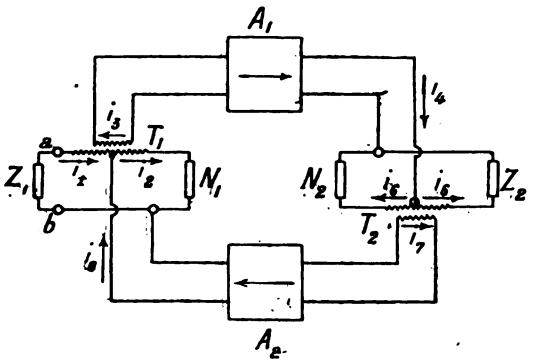


Fig. 1. — Schéma d'un relais téléphonique double.

enfin sa valeur numérique varie avec la fréquence, de sorte que, dans la formule, c'est le maximum du rapport $\frac{e^v}{P}$ qui doit être introduit.

L'auteur justifie cette correction, que des résultats expérimentaux ont confirmée, par les considérations théoriques qui suivent.

La figure 1 représente le montage de principe d'un relais téléphonique double. Les notations employées ont les significations suivantes :

Z_1 et Z_2, impédances imaginaires des deux circuits ;

N_1 et N_2, impédances imaginaires des deux lignes artificielles ;

i_1, i_2, i_3... les intensités des courants qui parcourent les différents conducteurs dans le sens indiqué par les flèches.

A_1 et A_2 sont deux amplificateurs composés de tubes à vide et de transformateurs ; les flèches indiquent le sens de l'amplification ;

Digitized by Google

T_1 et T_2 sont deux transformateurs d'équilibre, dont le primaire est composé de deux moitiés aussi identiques que possible. Les trois enroulements de chacun de ces transformateurs sont bobinés sur un noyau commun.

Nous allons chercher la condition d'amorçage des oscillations propres du système.

Supposons que dans la première moitié du circuit primaire du transformateur T_1 circule un courant i_1. Le courant i_2 qui parcourt la seconde moitié de ce circuit est inférieur à i_1. Nous poserons :

$$i_2 = a_1 i_1. \qquad (1)$$

Désignons par R_1 et L_1 la résistance ohmique et la self-inductance d'une moitié du circuit primaire de chaque transformateur d'équilibre ; par R_2 et L_2 la résistance ohmique et la self-inductance du secondaire de chaque transformateur d'équilibre ; par W_1 l'impédance imaginaire de l'amplificateur A_1 ou A_2, vue des bornes d'entrée ; par W_2 l'impédance imaginaire de l'amplificateur A_1 ou A_2, vue des bornes de sortie ; et par E la différence de potentiel entre les points a et b.

Nous pouvons écrire les relations suivantes :

$$i_1 = i_2 - i_3, \qquad (2)$$

$$i_1 j\omega L_1 + i_2(R_1 + j\omega L_1 + N_1) - i_3 j\omega\sqrt{L_1 L_2} + i_3 W_2 = 0, \qquad (3)$$

$$i_3(W_1 + R_2 + j\omega L_2) - i_2 j\omega\sqrt{L_1 L_2} - i_1 j\omega\sqrt{L_1 L_2} = 0, \qquad (4)$$

$$E = i_1(R_1 + j\omega L_1) - i_3 W_2 + i_2 j\omega L_1 - i_3 j\omega\sqrt{L_1 L_2}. \qquad (5)$$

Des relations (2) et (4), nous tirons pour a_1, l'expression suivante :

$$a_1 = \frac{i_2}{i_1} =$$

$$= \frac{(W_2 - j\omega L_1)(W_1 + R_2 + j\omega L_2) + j\omega L_1 j\omega L_2}{(W_2 + R_1 + j\omega L_1 + N_1)(W_1 + R_2 + j\omega L_2) - j\omega L_1 j\omega L_2}. \qquad (6)$$

Un courant i circulant dans une des moitiés du primaire du transformateur T_1 développe dans le circuit de sortie de l'amplificateur A_1 une force électromotrice Ki (K désigne en général une impédance imaginaire). Avec nos notations et nos hypothèses, nous aurons donc, dans le circuit de sortie de l'amplificateur A_1, une force électromotrice E_1 définie par

Digitized by Google

$$E_4 = K(i_1 + i_2),$$

qui donnera naissance à un courant i_4. Pour calculer i_4, il faut introduire l'impédance résultante du montage à pont, vu des points de symétrie. Cette impédance est évidemment une fonction du paramètre δ_2 qui définit le défaut d'équilibre entre le circuit réel Z_2 et la ligne artificielle N_2. L'expression analytique de cette impédance est compliquée : nous nous contenterons de la représenter par le symbole Δ_2 (cette notation rappelant qu'elle dépend de δ_2). Nous écrirons donc :

$$i_4 = \frac{K(i_1 + i_2)}{W_2 + \Delta_2}. \qquad (7)$$

Le courant i_4 se partage suivant les relations :

$$i_4 = i_5 + i_6, \qquad (8)$$

$$i_5(Z_2 + R_1 + j\omega L_1) - i_6 j\omega L_1 + i_7 j\omega\sqrt{L_1 L_2} =$$
$$= i_6(N_2 + R_1 + j\omega L_1) - i_5 j\omega L_1 - i_7 j\omega\sqrt{L_1 L_2}, \qquad (9)$$

$$i_7(R_2 + j\omega L_2 + W_1) = (i_6 - i_5) j\omega\sqrt{L_1 L_2}, \qquad (10)$$

$$i_5 = i_4 \frac{N_2 + w}{Z_2 + N_2 + 2w}, \qquad (11)$$

$$i_6 = i_4 \frac{Z_2 + w}{Z_2 + N_2 + 2w}, \qquad (12)$$

en posant :

$$w = R_1 + 2j\omega L_1 + \frac{2\omega^2 L_1 L_2}{R_2 + W_1 + j\omega L_2}. \qquad (13)$$

Lüschen et Küpfmüller admettent que les courants se partagent aux points d'équilibre en raison inverse des impédances Z et N : en fait, il faut ajouter à ces grandeurs la résistance en courant continu R_1 de la moitié du primaire du transformateur d'équilibre, ainsi qu'une expression imaginaire, tenant à cette circonstance que le champ n'est pas nul dans le noyau du transformateur, lors d'un équilibrage imparfait. En raison de ce déséquilibre, les courants i_6 et i_5 ne sont pas égaux et le champ résultant qu'ils développent dans le noyau du transformateur T, engendre, dans le circuit de sortie de l'amplificateur A_2, un courant i'_8 dont l'expression sera, par analogie avec l'expression (7) :

$$i'_8 = \frac{K(i_6 - i_5)}{W_2 + \Delta_1}. \qquad (14)$$

Digitized by Google

Le courant i'_8 se partage finalement en deux composantes i'_1 et i'_2, de la même façon que i_4 se partageait en i_8 et i_6 :

$$i'_1 = i'_8 \frac{N_1 + w}{Z_1 + N_1 + 2w}, \tag{15}$$

$$i'_2 = i'_8 \frac{Z_1 + w}{Z_1 + N_1 + 2w}. \tag{16}$$

La condition pour qu'il n'y ait pas entretien d'oscillations s'écrit

$$|i_1 + i_2| \geqslant |i'_2 - i'_1|, \tag{17}$$

ou encore, en utilisant les relations (7), (11), (12), (14), (15), (16) :

$$\left|K^2\right| \leqslant \left|\frac{Z_1 + N_1 + 2w}{Z_1 - N_1} \frac{Z_2 + N_2 + 2w}{Z_2 - N_2} (W_2 + \Delta_1)(W_2 + \Delta_2)\right|. \tag{18}$$

Si l'on introduit les coefficients de déséquilibre

$$\varepsilon_1 = 2\left|\frac{Z_1 - N_1}{Z_1 + N_1}\right|, \quad \varepsilon_2 = 2\left|\frac{Z_2 - N_2}{Z_2 + N_2}\right| \tag{19}$$

la condition précédente devient

$$\left|K^2\right| \leqslant \left|\frac{4}{\varepsilon_1 \varepsilon_2}\left(1 + \frac{w}{Z_1} + \frac{w}{2Z_1}\varepsilon_1\right)\left(1 + \frac{w}{Z_2} + \frac{w}{2Z_2}\varepsilon_2\right) \times \right.$$
$$\left. \times (W_2 + \Delta_1)(W_2 + \Delta_2)\right|. \tag{20}$$

Le facteur K n'a pas une signification physique immédiate et sa mesure est difficile ; introduisons le module du rapport $\left|\frac{i_8}{i_1}\right|$ des courants mesurés aux bornes de sortie et d'entrée de l'ensemble du montage. Si nous appelons e^{ν_1} ce module, nous pouvons écrire, en tenant compte des relations (1), (7) et (11) :

$$e^{\nu_1} = \left|K(1 + a_1)\frac{N_2 + w}{Z_2 + N_2 + 2w}\frac{1}{W_2 + \Delta_2}\right| \tag{21}$$

Le facteur d'amplification dépend donc des deux lignes artificielles (N_1 est implicitement contenu dans a_1). Il est commode de faire intervenir le facteur d'amplification correspondant au cas où l'on remplace les circuits réels et les lignes artificielles par des résistances de même grandeur (c'est ce que l'on fait pratiquement pour la mesure du facteur d'amplification). Dans ces conditions, la relation (21) devient :

Digitized by Google

$$e^{\nu_0} = \left| \frac{K}{2} \frac{1 + a_0}{W_2 + \Delta_0} \right|. \qquad (22)$$

Remarquons que le facteur a_1 est remplacé par un facteur a_0. correspondant à la nouvelle condition $Z_1 = N_1$, de même l'impédance Δ_2 est remplacée par l'impédance Δ_0 correspondant à la nouvelle condition $Z_2 = N_2$ (en pratique a_1 diffère peu de a_0 et Δ_2 diffère peu de Δ_0 car N_1 et Z_1, d'une part, N_2 et Z_2, d'autre part, sont en général peu différents).

En tenant compte de (22), la relation (20) prend la forme :

$$e^{\nu_0} \leqslant \left| \frac{1 + a_0}{\sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_2}} \sqrt{\left(1 + \frac{w}{Z_1} + \frac{w}{2 Z_1} \varepsilon_1\right)\left(1 + \frac{w}{Z_2} + \frac{w}{2 Z_2} \varepsilon_2\right)} \times \right.$$
$$\left. \times \frac{\sqrt{(W_1 + \Delta_1)(W_2 + \Delta_2)}}{W_2 + \Delta_0} \right|.$$

Nous définirons trois grandeurs P_1, P_2, P par les équations;

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= \left| (1 + a_0)\left(1 + \frac{w}{Z_1} + \frac{w}{2 Z_1} \varepsilon_1\right) \frac{W_2 + \Delta_1}{W_2 + \Delta_0} \right| \\ P_2 &= \left| (1 + a_0)\left(1 + \frac{w}{Z_2} + \frac{w}{2 Z_2} \varepsilon_2\right) \frac{W_2 + \Delta_2}{W_2 + \Delta_0} \right| \\ P &= \sqrt{P_1 P_2}. \end{aligned}\right\} \qquad (23)$$

La condition de silence devient :

$$e^{\nu_0} \leqslant \frac{P}{\sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_2}}. \qquad (24)$$

Cette condition ne vaut que pour une fréquence déterminée. Les deux coefficients de déséquilibre ε_1 et ε_2 étant supposés connus, on formera le quotient $\frac{e^{\nu_0}}{P}$ pour toutes les fréquences audibles et l'on vérifiera qu'il est toujours inférieur à $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_1 \varepsilon_2}}$.

L'auteur passe ensuite à l'étude expérimentale de quelques montages courants et il montre la signification physique que prend dans chaque cas particulier la condition (24). Voici, par exemple, la méthode qu'il emploie pour étudier un type de relais double, avec filtre à la sortie de chacun des amplificateurs (fig. 2).

Digitized by Google

L'impédance Z_2 conservant une valeur fixe égale à 1.600 ohms, on mesure au moyen de la machine de Franke l'impédance complexe Δ_2 (module et argument) pour différentes valeurs de la fréquence et de N_2; on obtient ainsi Δ_2 comme fonction de δ_2, δ_2 et N_2 étant liées par la formule (19).

Les bornes a et b étant connectées à l'armature à phase variable de la machine de Franke à travers la résistance à contact glissant de cet appareil, on connecte aux bornes c et d une résistance ohmique quelconque Δ; l'armature à tension variable

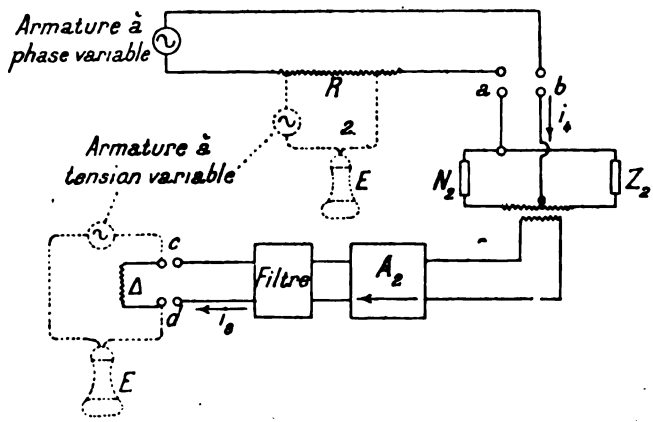


Fig. 2.

étant montée comme l'indique la figure (position 1), on agit sur la phase et sur l'excitation de façon à obtenir le silence dans le récepteur E; puis l'armature à phase variable étant amenée en une deuxième position (position 2), on agit sur la phase et sur le curseur de façon à obtenir de nouveau le silence. Si R désigne alors la fraction de la résistance à contact glissant prise sur l'appareil, on a :

$$\frac{i'_8}{i_4} = \frac{R}{\Delta}.$$

En tenant compte des relations (11), (12), (14) et (22), on en déduit

$$\frac{i'_8}{i_4} = \frac{e^{v_0}}{1+a_0}\,\frac{W_2+\Delta_0}{W_2+\Delta}\,\frac{\delta_2}{1+\frac{w}{Z_2}+\frac{w}{2Z_2}\,\delta_2} \qquad (25)$$

(on a remplacé, ici Δ_1 par Δ).

Digitized by Google

Si l'on fait la mesure de $\frac{i'_2}{i_1}$ en fermant les bornes c et d sur une résistance $\Delta = \Delta_2$, on peut écrire, en faisant appel à la relation (23) :

$$\frac{i'_2}{i_1} = \frac{R}{\Delta_2} = \frac{e^{v_0}\delta_2}{P_2},$$

d'où :

$$\frac{P_2}{\delta_2} = \frac{\Delta_2 e^{v_0}}{R}. \qquad (26)$$

Cette équation donne $\frac{P_2}{\delta_2}$ si l'on connaît e^{v_0} : on mesure cette grandeur en se plaçant dans des conditions correspondant à la définition (amplification en courant pour $N_1 = N_2 = Z_2 =$ 1.600 ohms). Cette mesure étant faite aux différentes fréquences, on peut, pour chacune de ces fréquences, tracer la courbe représentative de la fonction $\frac{P_2}{\delta_2}$ de la variable δ_2 : cette même courbe représente évidemment la fonction $\frac{P_1}{\delta_1}$ de la variable δ_1. A chaque fréquence, on obtiendra la valeur maximum admissible de δ_1 correspondant, pour un déséquilibre δ_2 donné, à l'entretien des oscillations propres, en calculant la valeur de l'expression $\frac{\delta_2}{P_2} e^{2v_0}$ et en lisant sur la courbe à quelle valeur de δ_1 correspond cette valeur du rapport $\frac{P_1}{\delta_1}$. La relation (24) peut s'écrire en effet :

$$\frac{P_1}{\delta_1} = e^{2v_0}\frac{\delta_2}{P_2},$$

P_1 et P_2 étant connus à chaque fréquence pour chaque valeur de δ_2,

$$P = \sqrt{P_1 P_2}$$

est également une fonction connue de la fréquence et de δ_2. Les résultats numériques donnés par l'auteur montrent que pour chaque fréquence l'écart entre P et sa valeur moyenne, quand δ_2 varie de 0 à 1,556, est toujours inférieure à 7 %. Si l'on admet que P ne dépend pas de δ_2 et si, pour chaque fréquence,

Digitized by Google

on adopte cette valeur moyenne, on constate que le maximum du rapport $\frac{e^{\nu_0}}{P}$ a pour valeur 7,4 et qu'il est atteint pour la pulsation ω égale à 9.300 unités C.G.S. Voilà la signification de ce résultat : si l'on se donne d'un côté du montage un déséquilibre δ_1 et si l'on augmente de l'autre côté le déséquilibre δ_2 jusqu'à ce que le relais commence à siffler, la pulsation du sifflement sera voisine de 9.300 unités C.G.S. et δ_2 sera donné alors par

$$\delta_1 \delta_2 = \frac{1}{\overline{7,4}^2}. \qquad (27)$$

L'expérience directe confirme ces résultats d'une façon satisfaisante.

R. BIGORGNE,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Digitized by Google

UTILISATION D'UN OHMMÈTRE INDUSTRIEL POUR DES MESURES DE LOCALISATION PAR LA BOUCLE,

Par E. CROUZET,
Inspecteur des Postes et Télégraphes,
Chef des services électriques de l'Office tunisien.

La manœuvre des fiches et des clés d'une boîte de pont, si simple qu'elle paraisse, même lorsque tout a été disposé en vue des mesures de localisation, présente toujours des difficultés et ne peut être en général confiée à des ouvriers électriciens ordinaires. Cela tient à la complexité relative du montage et à la nécessité d'avoir bien présent à l'esprit le schéma de l'installation pour appliquer correctement la formule. Or les défauts, sur les câbles souterrains, par exemple, se produisent inopinément, quelquefois à des intervalles éloignés ; il importe de les localiser d'urgence, et le personnel que l'on a sous la main n'est pas nécessairement rompu à la pratique journalière de ces mesures. Le besoin d'une grande simplicité n'a pas échappé aux constructeurs d'appareils industriels, et les ohmmètres d'usage courant, par exemple, donnent presque toujours le résultat cherché par la lecture directe d'une graduation appropriée. Ce que l'on exige tout au plus de l'opérateur, c'est d'appliquer un coefficient, comme dans l'ohmmètre dit à fil divisé de Chauvin et Arnoux.

Or il est possible d'approprier ce dernier appareil aux mesures de localisation par la méthode de la boucle, et une expérience de plus de dix années faite à l'office postal tunisien a démontré que le personnel le préférait aux boîtes de pont du type administratif, que nous possédons aussi. Son emploi ne nécessite en effet aucun effort de mémoire ; sa précision ne laisse rien à désirer ; léger, robuste, et très peu encombrant, il tient

Digitized by Google

groupés tous les organes, même la pile, sous un volume réduit. La photographie ci-jointe (fig. 1) donne l'aspect et les dimensions de cet appareil, qui, après un aussi long service, n'a même pas eu besoin encore de passer au laboratoire.

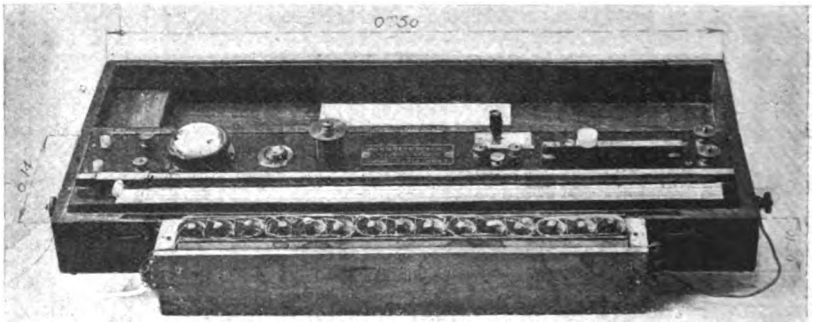


Fig. 1.

Pour rendre pratique son adaptation aux mesures de localisation, il a suffit d'ajouter une clé et une borne de terre, et de compléter l'échelle graduée existante par l'adjonction de trois

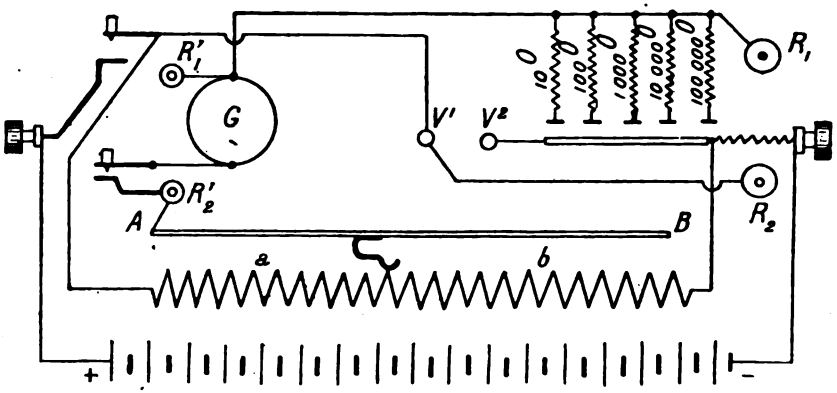


Fig. 2. — Ohmmètre Chauvin et Aroux ordinaire.

échelles qui ont trouvé très facilement place sous le curseur. La mesure est d'une très grande simplicité : quand on a l'équilibre au galvanomètre, la détermination de la distance du défaut s'obtient en multipliant simplement la longueur totale de la

Digitized by Google

boucle supposée homogène par le coefficient indiqué sous le curseur. Si cependant la boucle est constituée par des conducteurs de spécifications différentes, c'est la résistance ohmique de la boucle que l'on multiplie par ce coefficient, et la distance trouvée est donnée en ohms ; il ne reste plus qu'à transformer ce résultat en longueurs linéaires, ce qui est à la portée du premier venu.

Description de l'appareil et mode opératoire. — L'ohmmètre Chauvin et Arnoux, destiné aux mesures des résistances de 20 mégohms à $0^{o},1$, est monté conformément au croquis de la figure 2, schématisé sur la figure 3. Cet appareil comporte essentiellement cinq étalons de résistance 10 ohms, 100 ohms, 1.000 ohms, 10.000 ohms, 100.000 ohms, auxquels on compare la résistance à mesurer par le jeu d'une tête de pont à branches variables. Cette tête de pont est constituée par une résistance d'environ 3.000 ohms qu'un curseur peut parcourir d'un bout à l'autre en faisant varier ainsi le rapport des deux branches de zéro à l'infini.

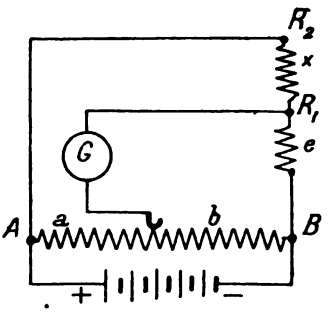


Fig. 3.

Ainsi qu'il appert de la lecture de la figure 3, la valeur de x, résistance à mesurer, est égale à $e \times \frac{a}{b}$. Si donc, en chaque point de l'échelle AB sur laquelle se meut le curseur, on a gravé la valeur k du rapport $\frac{a}{b}$, le produit $e\,k$ donnera immédiatement la valeur de x. Il suffira par conséquent de multiplier par 10, par 100, par 1.000, par 10.000, par 100.000, suivant l'étalon choisi, le coefficient trouvé, pour avoir x en ohms. Pour rendre les opérations purement mécaniques, le constructeur a jugé bon de ne désigner les étalons que par les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, chiffres qui indiquent directement, dans le nombre lu sur la règle divisée, de combien de rangs la virgule doit être déplacée vers la droite.

Digitized by Google

Pour mesurer une résistance de l'ordre de 10 à 100 ohms, on peut prendre soit l'étalon 10, soit l'étalon 100. La courbe $\left(\frac{a}{b}\right)$ (fig. 4), qui donne l'image de la graduation de l'échelle AB, montre que l'on a intérêt à se servir de préférence d'un étalon plus fort pour avoir l'équilibre vers le milieu de l'échelle ou du

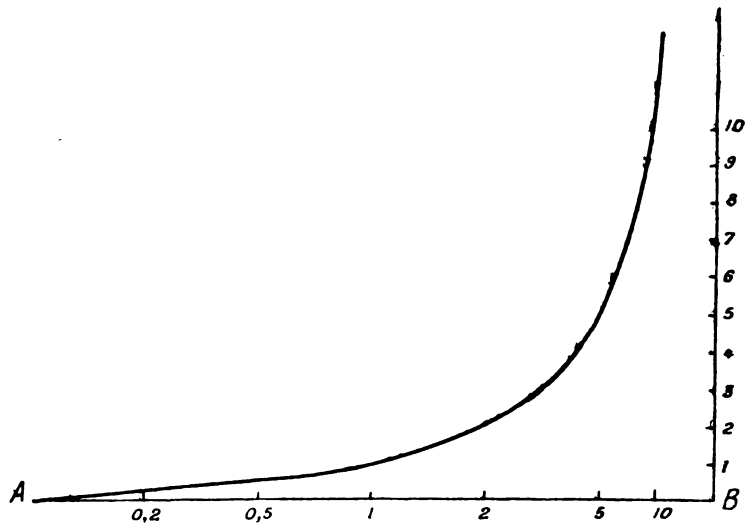


Fig. 4. — Courbe de graduation de l'échelle AB.

côté de A. Dans sa forme habituelle, cet appareil se prête très commodément à la mesure rapide des fortes et des faibles résistances, condition indispensable, d'une part pour s'assurer au préalable de l'ordre de grandeur du défaut, et d'autre part pour contrôler la boucle par la mesure de sa résistance ohmique.

La figure 5, dont la lecture est facilitée par le schéma de la figure 6, donne les connexions du même ohmmètre transformé, par le jeu de la clé, pour les mesures de localisation des défauts. La distance x est donnée en ohms par la relation :

$$x = \frac{b}{e + b} \times r,$$

r étant la résistance totale de la boucle, e l'étalon choisi, et b la résistance, variable de 0 à 3.000, que parcourt le curseur.

Digitized by Google

Le coefficient $\frac{b}{e+b}$, dans les limites que l'on peut attribuer

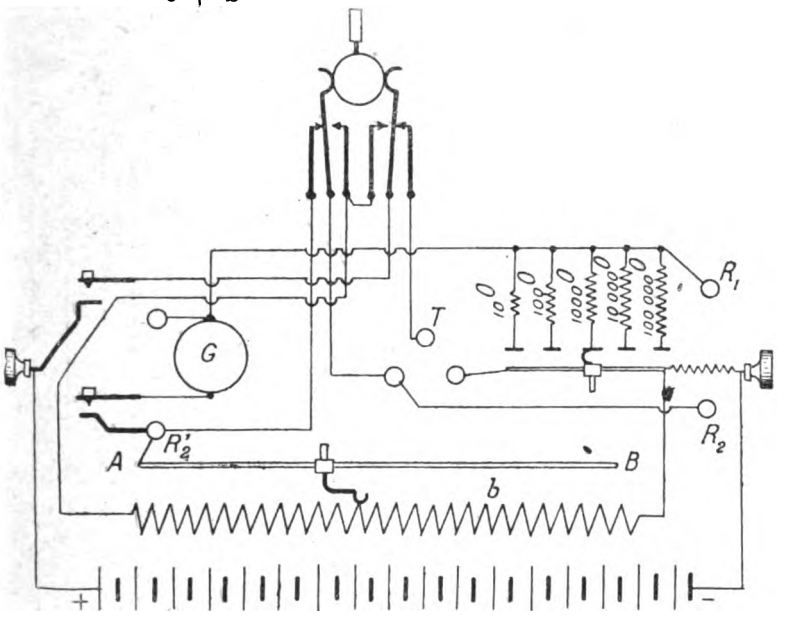


Fig. 5. — Ohmmètre Chauvin et Arnoux avec clé permettant des mesures de localisation par la boucle (clé abaissée).

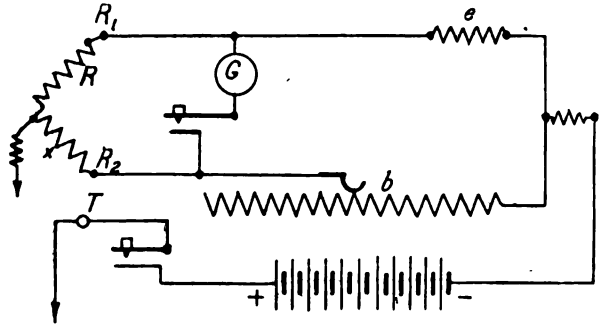


Fig. 6.

à b, dépend donc du choix que l'on a fait de l'étalon e. En général, on prend e égal à 1.000 ohms (échelle n° 3) (fig. 7), et le coefficient varie, comme le montre la courbe, d'une façon assez satisfaisante, de 0 à 0,75, ce qui permet de localiser le défaut jusqu'aux 3/4 de la boucle. Si le défaut est très près de l'opéra-

Digitized by Google

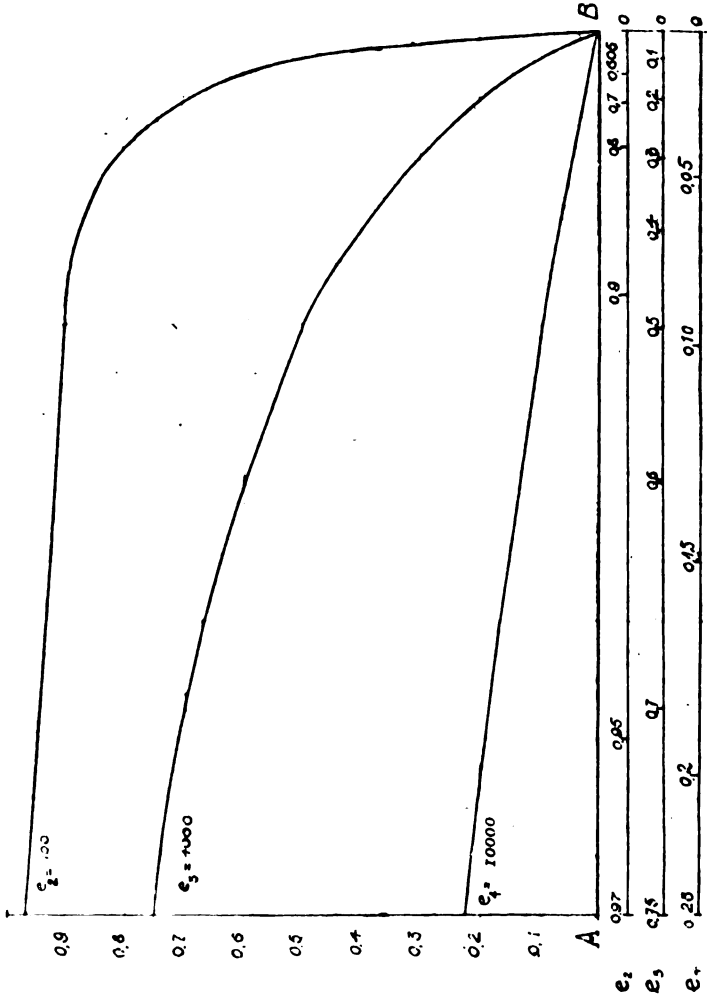


Fig. 7.

Digitized by Google

teur, on prend *e* égal à 10.000 (échelle n° 4), et l'on obtient une précision très grande de 0 à 0,23, comme le montrent l'échelle et la courbe n° 4. Enfin, si le défaut est plus près de l'autre extrémité, on utilise l'étalon 100 (échelle n° 2, courbe n° 2), qui permet d'explorer la presque totalité de la boucle. Les étalons 10 et 100.000 ne présentent pas d'intérêt pour cet usage. Ces trois échelles décrites ci-dessus permettent toujours, ne serait-ce qu'en inversant les attaches en R_1, R_2 (fig. 5), de faire deux mesures dans des conditions différentes pour une même localisation, ce qui est largement suffisant pour le contrôle de l'essai.

Dans la pratique, l'opérateur n'a pas à se préoccuper de la façon dont les échelles ont été établies : il lui suffit, au moment où il trouve l'équilibre, de bien encadrer le point où, à un déplacement à droite au à gauche du curseur, correspond une déviation corrélative de l'aiguille du galvanomètre, puis de lire le coefficient sur l'échelle 2, 3, ou 4, suivant que l'étalon employé est lui-même le n° 2, 3, ou 4. Aucune erreur n'est possible : des plots indiquent très clairement les étalons choisis, soit qu'il s'agisse d'une mesure de résistance ordinaire, qui se lit sur la règle métallique gravée, soit qu'il s'agisse d'une mesure de localisation, dont les trois échelles additionnelles sont fixées sous le curseur. La borne de terre et la clé qui complètent l'appareil primitif ont facilement trouvé place à côté des étalons de mesure.

Les modifications, d'ailleurs de peu d'importance, aux connexions et l'adjonction de la clé ont été effectuées sans difficultés à l'atelier de l'office postal tunisien ; les échelles ont été graduées par notre bureau de dessin au moyen des courbes dont il a été donné une réduction plus haut ; mais je crois que ces modifications gagneraient à être réalisées par le constructeur, pour ceux qui désireraient adapter cet appareil à cet usage.

Digitized by Google

DÉMONSTRATION DE LA LOI DE MAXWELL, PROPOSITION FONDAMENTALE DE LA THÉORIE DES GAZ(1),

Par A.-K ERLANG.

1. De 1860 à 1870, la notion ancienne, incohérente et obscure de molécules gazeuses a fait place à une véritable théorie (Maxwell, Boltzmann) dont le fondement est la loi de répartition de Maxwell. Cette théorie a engendré de nouvelles conceptions et méthodes en physique, celles qui font appel au calcul des probabilités; leur ensemble est, en général, désigné sous le nom de *physique statistique*.

Pendant plusieurs années, cette puissante méthode scientifique n'a pas été comprise et a été accueillie avec indifférence et répugnance; mais on doit dire que cette résistance a cessé au cours de notre siècle, et il est admis maintenant que les nouvelles méthodes sont les seules utilisables pour l'étude de phénomènes en nombre constamment croissant, parmi lesquels sont des phénomènes électriques. On reconnaît facilement maintenant que la façon ancienne de traiter certaines questions, telles que les propositions fondamentales de la théorie de la chaleur, n'est pas satisfaisante, et qu'il existe des méthodes plus rationnelles. Le revirement d'opinion qui s'est produit a été naturellement facilité également par des recherches expérimentales qui ont peu à peu rendu indubitable l'existence réelle des molécules et ont montré qu'elles possédaient d'une façon presque générale les propriétés que la théorie leur attribuait (Christiansen, Knudsen, Perrin, etc...). Bien entendu, toutes ces théories intéressent

(1) Extrait de *Fysisk Tidsskrift*, 1925, p. 40. Traduit du danois, avec autorisation de l'auteur, par M. Vaulot, agrégé de mathématiques, docteur ès sciences, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Digitized by Google

non seulement la physique, mais encore le calcul des probabilités et ses applications en général, ainsi qu'il apparaît dans la littérature de ces dernières années (Edgeworth, E. Borel).

Naturellement, beaucoup de personnes ont désiré connaître cette partie de la science. On pourrait peut-être s'attendre à trouver, dans les récents traités de physique, sinon un exposé complet des problèmes qui s'y rapportent, tels que la diffusion, le courant, la conduction de la chaleur, les deux chaleurs spécifiques, questions qui d'ailleurs ne sont guère traitées d'une façon tout à fait rigoureuse au point de vue des hypothèses admises, mais tout au moins une démonstration simple et claire pour la loi de répartition de Maxwell elle-même. Cependant cela ne se trouve que rarement ou jamais; même les ouvrages spéciaux sur la théorie cinétique laissent en général cette question de côté. C'est pourquoi j'ai rédigé la démonstration suivante, qui ne fait appel qu'aux principes les plus simples et les plus connus en mathématiques et en mécanique; je n'y emploie par exemple nulle part le principe de la conservation de l'*énergie*. En procédant de cette manière, je pense que la nature du raisonnement ressortira avec plus de netteté.

2. Hypothèses sur la nature des molécules et les effets qu'elles produisent par leurs chocs. — Les molécules sont toutes identiques ; ce sont des sphères solides, polies, parfaitement élastiques, homogènes (ou si l'on veut, ayant leur masse répartie d'une façon équivalente à l'homogénéité au point de vue mécanique). Elles se meuvent en ligne droite, avec une vitesse uniforme, dans l'espace indéfini, aussi longtemps qu'aucun choc ne se produit. On peut représenter leurs vitesses, comme à l'ordinaire, par un vecteur ayant pour origine le centre de la sphère. Nous ne faisons aucune hypothèse particulière sur le rapport du diamètre des sphères à leurs distances mutuelles. Il peut être commode de remplacer le domaine à trois dimensions (l'espace), qui convient à la question traitée, par un domaine à deux dimensions (un plan); on allège ainsi quelque peu les figures et l'exposé de la démonstration, alors que l'essentiel reste le même.

Digitized by Google

Les lois du choc des sphères élastiques sont bien connues : leur base avait déjà été donnée par Huygens, mais seulement pour le problème à une dimension, ou choc direct. Supposons que nous connaissions les deux vitesses OA et OB avant le choc ; à cette occasion, nous préférons les placer au point de contact O. En outre, nous connaissons la direction de la percussion, qui est la même que la direction des rayons aboutissant au point de contact à l'instant du choc, puisque les sphères sont polies. Le choc change OA en OC, et OB en OD. On détermine C et D comme il suit : AC est égal et parallèle à BD mais de sens opposé, et tous deux sont parallèles à la direction de la percussion ; en outre, le quadrilatère ABCD est un rectangle. Ce dernier point peut se démontrer de la façon suivante : dans la première période du choc élastique (tant que la compression augmente), l'extrémité de l'un des vecteurs se déplace de A jusqu'au milieu de M de AC, et de même l'extrémité de l'autre vecteur se déplace de B jusqu'au milieu N de BD. Avant le choc, la vitesse relative était AB ; elle est maintenant MN. Mais cette première période cesse quand la vitesse relative est perpendiculaire à la direction de la percussion ; alors commence la seconde période, dans laquelle les sphères s'écartent l'une de l'autre ; elle dure jusqu'à ce que le contact cesse.

Remarquons enfin qu'en vertu des hypothèses nous n'avons pas à considérer de rotations : ou bien les sphères ne tournent pas du tout, ou bien leurs rotations resteront inaltérées pendant le choc.

3. L'état initial. — Nous admettons que l'état des molécules (c'est-à-dire leurs emplacements et leurs vitesses) à un certain instant est le suivant :

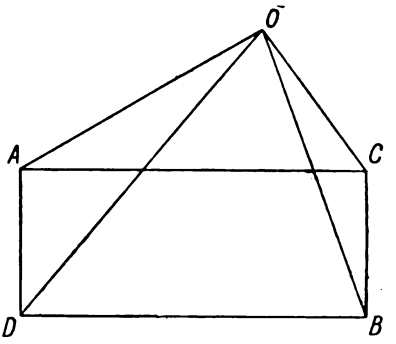
Les molécules sont supposées réparties absolument au hasard sur le plan en question (ou dans l'espace) indépendamment les unes des autres, sauf cette réserve que deux molécules ne peuvent occuper le même espace, en tout ou en partie. Comme nous l'avons dit ci-dessus, la vitesse d'une molécule arbitraire est représentée par un vecteur dont cette molécule

Digitized by Google

est l'origine. Considérons une aire infiniment petite (ou un volume), autour d'un point situé à une distance r de la molécule, dans une direction quelconque. Nous admettons que la probabilité d'avoir une vitesse dont le vecteur représentatif ait son extrémité dans cette aire est proportionnelle à e^{-kr^2} et à la grandeur de l'aire, indépendante de la direction dans laquelle se trouve cette aire. On peut exprimer la même chose avec plus de précision en disant que la « densité de probabilité » en ce lieu du plan est proportionnelle à e^{-kr^2}. La densité de probabilité, que l'on appelle aussi quelquefois probabilité ponctuelle, se définit comme la limite du rapport entre la limite de la probabilité correspondant à une certaine aire, et la grandeur de cette aire, lorsque ces quantités tendent vers zéro. La signification physique plus précise de la grandeur k n'a pas d'importance ici. L'état ainsi décrit s'appelle état normal, ou état de Maxwell.

Il s'agit maintenant de démontrer que cet état est en « équilibre statistique », c'est-à-dire que, malgré les modifications que chaque molécule prise séparément subit, soit par suite de son déplacement en ligne droite, soit par chocs, l'état du système considéré dans son ensemble ne cesse pas d'être tel qu'il a été décrit ci-dessus. La loi de Maxwell sera ainsi démontrée.

4. Démonstration. — En premier lieu, il est évident que le mouvement rectiligne simple conserve l'état de Maxwell.



Considérons maintenant un choc se produisant au point O, les vitesses initiales étant OA $= a$, OB $= b$, avec une certaine direction de la percussion. Nous allons trouver la probabilité, ou plus exactement la densité de probabilité pour qu'un tel choc se produise au cours d'un temps très court à partir

Digitized by Google

de l'instant considéré ; et nous ferons ensuite parcourir à A et à B le plan tout entier.

Dans l'expression de la probabilité cherchée, on doit faire figurer en facteurs :

d'abord l'expression $e^{-ka^2} \cdot e^{-kb^2} = e^{-k(a^2+b^2)}$, d'après ce qui précède et conformément au principe des probabilités composées ;

ensuite la vitesse relative $AB = p$;

et enfin le cosinus de l'angle $\widehat{BAC}$ que fait la vitesse avec la direction de la percussion.

Si les deux sphères sont très voisines (c'est le seul cas que nous ayons à considérer) et se rapprochent l'une de l'autre, le produit

$$p . \cos \widehat{BAC}$$

représente la vitesse avec laquelle les sphères se rapprochent. Si nous voulons que le choc ait lieu avant un certain temps très petit, ce produit donne l'expression de la distance maximum qui est à envisager entre les sphères.

Considérons maintenant le choc opposé, c'est-à-dire le choc dans lequel la direction de la percussion est la même que précédemment, mais où les vitesses primitives sont OC et OD : les vitesses après choc sont alors OA et OB comme on le voit immédiatement. Nous pouvons utiliser la même figure que précédemment.

Pour démontrer que les deux probabilités sont les mêmes, nous utiliserons les trois équations :

$$a^2 + b^2 = c^2 + d^2, \qquad (1)$$

$$AB = CD, \qquad (2)$$

$$\widehat{BAC} = \widehat{CDB}. \qquad (3)$$

Les deux dernières sont évidentes. La première est susceptible d'une démonstration simple par la géométrie élémentaire (on abaisse de O une perpendiculaire sur deux des côtés du rectangle) ; on pourrait aussi la tirer du principe de la conservation de l'énergie, mais ce serait manifestement user d'un procédé moins direct.

Digitized by Google

Nous pouvons maintenant diviser le plan entier en petits carrés, ou en petits rectangles, ayant leurs côtés parallèles et perpendiculaires à la direction de la percussion.

Si A se trouve à l'intérieur d'un de ces carrés et B à l'intérieur d'un autre, C et D se trouveront à l'intérieur de deux carrés correspondants. Nous avons ainsi démontré qu'il y a équilibre statistique en ce qui concerne les chocs que nous venons de considérer. Mais comme nous pouvons ensuite considérer une nouvelle couple de carrés pour A et B, et ainsi de suite, jusqu'à ce que tous les cas soient épuisés, la loi de Maxwell est par suite démontrée.

Digitized by Google

REVUE DES PÉRIODIQUES.

PÉRIODIQUES EN LANGUE FRANÇAISE.

Lampes électriques et protection de la vue (M. Curie, dans *Bull. de la Soc. d'enc., pour l'ind. nat.*, octobre 1925). — Trois types de lampes sont actuellement en usage : lampes à filament de charbon, lampes à filament de tungstène dans le vide (lampes dites monowatt), lampes à filament de tungstène dans un gaz inerte (lampes dites demi-watt). Ce dernier type tend à remplacer les autres, car sa consommation de courant est bien plus réduite ; à égalité d'intensité lumineuse, il consomme 4 fois moins que la lampe à charbon et 2 fois moins que la lampe monowatt. Mais on peut constater que ces lampes demi-watt sont bien plus désagréables à regarder que les autres ; l'éclat du filament est presque insoutenable. On a donc cherché à dissimuler le fil derrière un verre d'ampoule translucide, d'où l'emploi des lampes à verre dépoli ou à verre opalin. Un notable progrès était ainsi réalisé.

Cette précaution est fort utile, mais non suffisante. En dehors de l'éclat excessif du filament, il existe des différences très marquées dans la composition du rayonnement émis par ces 3 lampes. La lumière de la lampe à filament de charbon est rougeâtre. A intensité lumineuse égale, cette lampe contient relativement plus de rayons rouges que les deux autres lampes et moins de rayons bleus et violets. C'est que le filament est porté à une température relativement peu élevée. Plus on élève la température du filament, plus l'émission de rayons violets augmente, en même temps que le rendement lumineux. L'émission d'ailleurs ne s'arrête pas au violet. Quand la température devient assez élevée, il y a production de rayons ultra-violets, et c'est alors qu'apparaît un nouveau danger. Des études approfondies de l'action physiologique des rayons ultra-violets ont démontré qu'en plus d'une fatigue momentanée ces rayons provoquent l'inflammation de la cornée, et aussi, à la longue,

Digitized by Google

le durcissement et l'engourdissement du cristallin. Or l'émission de rayons ultra-violets est particulièrement grande pour les lampes demi-watt, dont le filament est porté à une température très élevée. Le verre de l'ampoule retient bien une certaine partie de ces rayons, mais est loin d'en absorber la totalité.

L'auteur a établi, avec le concours de M. Kerromès et l'appui d'industriels et techniciens français, un type d'ampoule électrique demi-watt n'émettant pas de rayons ultra-violets. C'est par la composition spéciale du verre que ce résultat a été obtenu. On a donné à cette lampe le nom de *lampe Opticia*, pour rappeler ses propriétés optiques particulières. Les types de 50 à 1.000 bougies sont, dès à présent, établis. Le verre de l'ampoule Opticia possède plusieurs qualités :

1° Il absorbe les rayons ultra-violets. Ce résultat capital est bien atteint, comme on le verra tout à l'heure ;

2° L'ampoule est très peu colorée ; la lumière émise est douce et d'une très faible teinte vert doré, chaude et agréable ;

3° L'absorption des rayons visibles est faible. Des mesures photométriques faites sur des ampoules comparables ont montré qu'à éclairement égal, la consommation de la lampe Opticia non dépolie ne dépasse guère que d'environ 5 °/₀ la consommation d'une lampe demi-watt en verre ordinaire non dépoli. L'ampoule Opticia est toujours livrée au commerce dépolie ; le dépolissage absorbe environ 12 °/₀, ce qui donne une absorption totale de 17 °/₀ pour une demi-watt Opticia dépolie. Une lampe demi-watt en verre ordinaire dépoli absorbe 12 °/₀, une lampe en verre opalin jusqu'à 30 °/₀ (1) ;

4° Le verre de l'ampoule se prête particulièrement bien au travail compliqué de soufflage et de soudure ;

5° Notons encore que la fatigue des yeux peut résulter en partie de la présence de rayons calorifiques qui produisent une sensation d'échauffement du globe de l'œil. La lampe Opticia émet relativement peu de rayons calorifiques.

On observe sur le spectre de la lampe Opticia une forte atténuation de l'ultra-violet à partir de 3.800 Å et sa suppression com-

(1) D'après certains techniciens, l'absorption par le dépolissage ou par le verre opalin serait inférieure aux chiffres donnés ci-dessus.

Digitized by Google

plète à partir de 3.650 Å. Pour la lampe demi-watt ordinaire, l'ultra-violet est présent jusqu'à 2.900 Å.

D'après les travaux de plusieurs physiologistes (1), on peut considérer trois régions dans l'ultra-violet :

de 4.000 à 3.750 Å, pas d'action nuisible;

de 3.750 à 3.200 Å, absorption par le cristallin, amenant à la longue un durcissement et un engourdissement de cet organe ;

au dessous de 3.200 Å, les radiations sont fortement absorbées par la cornée, avec un maximum d'action vers 3.000 Å.

L'action des rayons ultra-violets sur la rétine et sur les régions profondes de l'œil, n'est pas très connue. Ces régions sont atteintes par les mêmes radiations que le cristallin. La rétine est un organe extrêmement sensible. On peut aussi redouter la formation de floculations opaques dans l'humeur vitrée et dans le cristallin.

L'examen d'une lampe opaline et d'une lampe bleue « lumière du jour » a mis en évidence la présence d'ultra-violet jusqu'à 3.085 Å, dans l'une et l'autre.

On peut d'ailleurs démontrer par une expérience très simple l'absence de rayonnement ultra-violet dans la lumière de la lampe Opticia et, au contraire, la présence de ce rayonnement dans la lumière d'une lampe ordinaire. Une plaque de sulfure de zinc phosphorescent est recouverte d'un écran de verre au nickel de M. Wood, écran ne laissant passer que les rayons ultra-violets. L'ensemble étant présenté à une lampe Opticia, on peut constater que le sulfure de zinc ne s'insole pas. Le sulfure de zinc prend au contraire une belle luminosité si on le présente recouvert de l'écran Wood à une lampe demi-watt ordinaire (2).

Sur l'application des courants photoélectriques à la photométrie (Guy Lazerges, dans *Recherches et inventions*, 1er décembre 1925). — Les métaux alcalins émettent des électrons

(1) Consulter notamment les *Gräfes Archiv. f. Ophtalm.*, tomes 98 et 103.

(2) On peut se procurer la lampe Opticia en s'adressant à la Société commerciale de lampes et d'appareillage électriques, 18, rue Soleillet, Paris (20e) (N.D L.R.).

Digitized by Google

sous l'influence de la lumière. Si on capte ces électrons au moyen de l'anode d'une « cellule ou pile photoélectrique » dont un dépôt métallique forme la cathode, on obtient des courants électriques proportionnels à l'énergie lumineuse incidente. La mesure de leur intensité constitue un procédé photométrique impersonnel, mais ces courants sont en général beaucoup trop faibles (1) pour être évalués au galvanomètre. Leur utilisation pour être aisément praticable exige donc une amplification préalable.

Les méthodes employées dans ce but reposent sur le principe suivant. L'anode de la pile est reliée à la grille d'une lampe à trois électrodes. Quand la cellule est dans l'obscurité, l'état du système est représenté par un certain point A de la caractéristique de plaque (fig. 1). Puis les électrons émis sous l'action de la lumière abaissent le potentiel de la grille; soit B le point correspondant au nouvel équilibre. Le courant de plaque accuse une diminution. Celle-ci mesure le courant photoélectrique amplifié. Pour que le facteur d'amplification soit indépendant de l'intensité lumineuse, il faut que les points A et B soient sur la partie rectiligne de la caractéristique.

En réalité, les travaux récents n'ont pas été faits avec des lampes triodes, l'expérience ayant montré la nécessité de les sélectionner pour en obtenir des amplifications intéressantes. Selon MM. Ferrié, Jouaust et Mesny (2), il y aurait dans la plupart de celles que l'on trouve dans le commerce un vide insuffisant et, par suite de la différence de potentiel qui règne à l'intérieur de l'ampoule, formation d'ions positifs qui, en s'opposant aux électrons négatifs, expliqueraient le trop faible abaissement du potentiel de grille. Pour atténuer cet effet nuisible, ces auteurs ont utilisé des lampes à deux grilles qui fonctionnent avec une tension de plaque peu élevée (6 à 20 volts). La grille la plus éloignée du filament (grille extérieure) se comporte comme la grille unique d'une lampe à

(1) La cellule Rougier que l'auteur a utilisée, avec une différence de potentiel de 80 volts entre la cathode et l'anode, fournit dans ces conditions un courant d'environ 3.10^{-11} ampère lorsque le diaphragme de 25 mmq par lequel elle reçoit la lumière supporte un éclairement de 2 lux environ.

(2) *Comptes rendus*, 1924, p. 117.

Digitized by Google

trois électrodes, l'autre (grille intérieure) n'ayant qu'un rôle auxiliaire. Dans la construction de leur microphotomètre enregistreur (1), MM. Lambert et Chalonge se sont arrangés pour disposer du potentiel initial de la grille extérieure et par conséquent du point A.

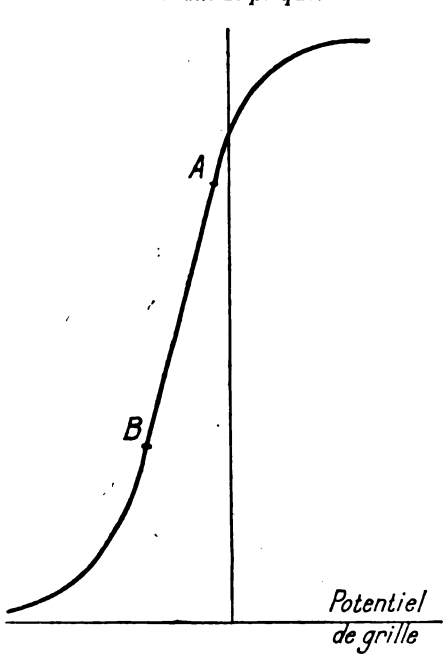


Fig. 1.

La définition du courant amplifié soulève une difficulté. En général, le courant de plaque est à l'origine trop élevé pour qu'on puisse le faire passer entièrement dans l'appareil qui sert à mesurer sa variation. Il faut shunter le galvanomètre ; par suite, c'est une fraction seulement du courant amplifié qui provoque la déviation du miroir et il peut arriver que celle-ci soit trop faible pour être observée, alors que le courant total serait suffisant en lui-même pour impressionner le galvanomètre. Comme plus un galvanomètre est sensible, plus est petite l'intensité maxima qu'il peut supporter, la sensibilité de la méthode est limitée, quel que soit l'appareil de

(1) *Comptes rendus* : 1925, p. 924.

Digitized by Google

mesure employé. MM. Meyer, Rosenberg et Tank (1), ont opéré en annulant par compensation le courant qui à l'origine traverse le galvanomètre. Mais une telle méthode réclame des précautions particulières ; elle nécessite en particulier l'emploi d'une batterie auxiliaire et d'une grande résistance, dont il est difficile d'assurer la constance, en sorte que les mesures sont extrêmement délicates et les résultats peu certains.

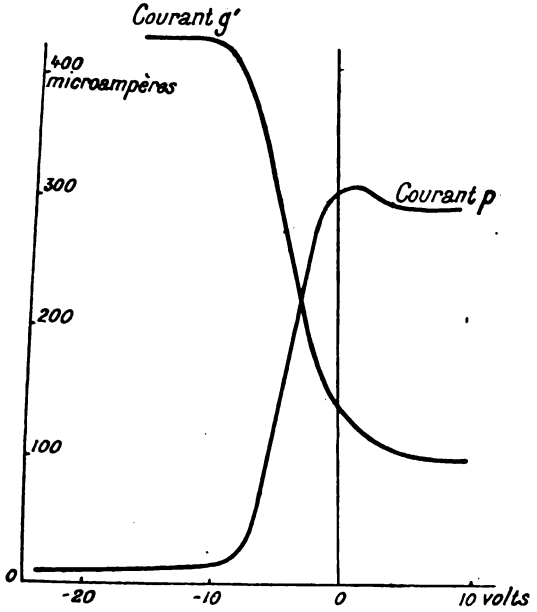


Fig. 2.

M. Lazerges a réalisé un montage plus simple, représenté schématiquement dans la figure 3, en utilisant les propriétés de la lampe à deux grilles. Les courants électroniques sont au nombre de trois : p dirigé vers la plaque P, g' vers la grille intérieure G', g vers la grille extérieure G. Ce dernier est nul quand le potentiel v de la grille extérieure est négatif et en portant v en abcisses on obtient pour les deux premiers des caractéristiques ayant la forme indiquée par la figure 2 avec deux parties rectilignes se correspondant sensiblement. L'auteur a vérifié qu'il en était ainsi quelles que soient les tensions employées et quel que soit le courant de chauffage. Il

(1) *Arch. Sc. Phys. Nat.*, 1920, p. 260.

Digitized by Google

a vérifié aussi que l'émission photoélectrique ne modifie pas le fonctionnement de la lampe. Dans ce but, il a tracé les caractérisques en mesurant pour divers éclairements le potentiel v à l'électromètre et les courants p et g' au galvanomètre. Il a constaté que les courbes obtenues de cette façon et celles qu'il a construites en réalisant les potentiels de grille extérieure au moyen d'accumulateurs étaient très sensiblements les mêmes. Cette vérification est valable pour les lampes triodes.

Le pôle négatif du filament étant au sol, une batterie porte la grille intérieure à un potentiel positif V par l'intermédiaire de la résistance $R_{g'}$ et la plaque au même potentiel par l'intermédiaire de la résistance R_p. P et G′ sont en outre reliées directement par le galvanomètre Γ de résistance γ. Celui-ci est traversé de G′ en P par un courant i :

$$i = \frac{1}{R_{g'} + R_p + \gamma} (R_{p'} p - R_{g'} g').$$

Soit p_o et g'_o les valeurs de p et g' lorsque la cellule est dans l'obscurité, il suffit de régler les résistances de manière que :

$$\frac{R_{g'}}{R_p} = \frac{p_o}{g'_o}$$

pour que le courant soit nul à l'origine. D'autre part, sur les parties rectilignes les valeurs de p et g' en fonction de v peuvent être représentées par des expressions de la forme : $p = a^2 v + b^2$ $g' = c^2 v + d^2$. Il résulte :

$$i = \frac{a^2 R_p + c^2 R_{g'}}{R_p + R_{g'} + \gamma} v + \frac{b^2 R_p - d^2 R_{g'}}{R_p + R_{g'} + \gamma}.$$

On voit que le courant amplifié i varie linéairement, comme le courant de plaque habituellement utilisé, et leurs variations sont du même ordre de grandeur. La grille intérieure est appelée à une fonction identique à celle de la plaque, mais elle n'en remplit pas moins son rôle auxiliaire et on peut opérer avec des lampes quelconques nullement sélectionnées. En outre, les mesures sont peu affectées par les variations accidentelles du courant de chauffage parce que les caractéristiques de grille intérieure et de plaque se déplacent dans le même sens et leur écart, qui est sensiblement ce que l'on observe, n'est que légèrement modifié. Il en est de même

Digitized by Google

pour les variations de V quand la température du filament est assez élevée ; pour les températures que j'ai dû utiliser, les courbes se déplacent en sens contraire, mais les variations de tension sont négligeables si la batterie dont le débit est extrêmement faible a une capacité suffisante.

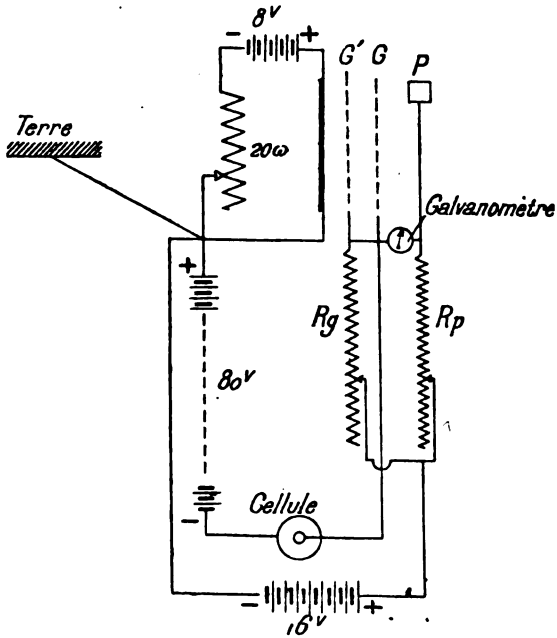


Fig. 3.

En désignant par λ le rapport $\frac{R_{g'}}{R_p}$ imposé par les conditions initiales la sensibilité de la méthode peut se représenter par :

$$\frac{di}{dv} = \frac{a^2 + \lambda c^2}{1 + \lambda + \frac{\gamma}{R_p}}.$$

Il y a donc intérêt pour une valeur de λ donnée à prendre γ petit et R_p aussi grand que possible ; il vaut mieux cependant ne pas introduire sur les circuits des résistances qui ne seraient pas négligeables par rapport aux résistances intérieures de la lampe.

Le galvanomètre peut être shunté, un calcul simple montre que tout se passe à cet égard comme s'il avait une résistance :

Digitized by Google

$$\gamma \frac{R_p + R_{g'}}{R_p + R_{g'} + \gamma}$$

plus petite que sa résistance propre.

L'amplification croît avec l'intensité de chauffage, mais l'expérience a montré que si la température du filament est très élevée, les courants n'ont plus une stabilité suffisante. D'ailleurs, les circonstances les plus favorables sont celles où les points correspondant à l'obscurité se placent à l'extrémité droite des parties rectilignes, car on peut alors utiliser celles-ci dans toute leur étendue. Pour définir ces conditions, l'auteur a étudié à l'électromètre la manière dont varie le potentiel d'obscurité. Il a constaté qu'il est positif pour les très petites valeurs du courant de chauffage, mais négatif pour toutes les valeurs utilisables et qu'il décroît quand ce courant croît (1). Inversement, l'extrémité droite des parties rectilignes se déplace vers les potentiels positifs quand la température du filament s'élève, en sorte que l'auteur a pu réaliser exactement la position optima aux environs de 290 milliampères. Dans ces conditions, une fois le régime établi, les courants sont parfaitement stables et les mesures rigoureusement concordantes. Le réglage est obtenu très rapidement ; au lieu d'annuler le courant à l'origine, on peut se contenter de l'affaiblir suffisamment pour qu'il ne gêne pas, ce qui n'introduit aucune complication. Il suffit de prendre garde que dans ce cas le zéro d'obscurité se déplace quand on modifie le shunt du galvanomètre.

Au cours des diverses expériences que l'auteur a faites avec des intensités de cet ordre, R_p a eu des valeurs d'environ 260 ohms, R_g d'environ 430. Pour avoir commodément et avec précision des shunts à pouvoirs multiplicateurs élevés, il a été conduit à faire varier la résistance du galvanomètre de 13 à 200 ohms par l'adjonction de bobines. Ces chiffres montrent que la méthode n'exige pas d'autres appareils que ceux que l'on trouve couramment dans les laboratoires.

L'auteur a mesuré les courants non amplifiés en comparant les vitesses de déviation qu'ils imprimaient à l'aiguille d'un électro-

(1) Les variations obtenues en modifiant les tensions sont faibles et la loi qui les régit est moins simple.

Digitized by Google

mètre. Il a employé un électromètre Szilard à un seul secteur, spécialement conçu pour les mesures de courants d'ionisation. Il a fait varier sa sensibilité, au moyen de condensateurs fabriqués dans ce dessein, afin de pouvoir évaluer tous les courants étudiés, malgré les grandes différences d'intensité qui les séparaient. En même temps, il a formé au moyen de deux lampes des séries de trois éclairements dont l'un était la somme des autres ; quand il y avait proportionnalité entre l'action de la lumière et les effets électriques, la série des trois courants correspondants possédait la même propriété. L'auteur a obtenu de cette façon des intensités de 0 à 10 microampères exactement proportionnelles à l'énergie lumineuse admise dans la pile et égales aux intensités des courants photoélectriques correspondants multipliées par 30.000.

Pour des éclairements supérieurs à ceux-là, les mesures sont moins faciles parce qu'il se produit des phénomènes d'inertie non négligeables, dont la description et l'interprétation complètes sortiraient du cadre de cet article. Lorsqu'on éclaire la pile très vivement, on se trouve d'abord en présence d'un véritable faux-équilibre pendant lequel le courant i est supérieur à sa valeur définitive, qu'il prend au bout d'un certain temps seulement. La pile étant replacée dans l'obscurité, il ne s'annule pas immédiatement, à moins qu'on ne décharge la grille par contact. Si, aussitôt que le spot est revenu au zéro, ou peu après, on éclaire faiblement la cellule, le courant i prend une valeur bien supérieure à sa valeur habituelle, puis il décroît assez rapidement jusqu'à celle-ci. L'appareil garde ainsi, pendant quelques instants, avant de reprendre son état normal, le « souvenir » de la grande énergie lumineuse qu'il a reçue. Si l'on n'y prête attention, on attribue à l'amplification une grandeur qu'elle n'a pas en réalité, comme si un éclairement préalable intense avait sur elle une action catalytique. Bien entendu, ces phénomènes se produisent également quand on emploie la méthode ordinaire. M. Lazerges croit qu'ils tiennent en partie à ce que l'anode de la cellule et la grille extérieure de la lampe forment un système isolé qui ne se décharge pas instantanément lorsqu'il a reçu une charge assez élevée en valeur absolue.

L'auteur suppose qu'il y a dans l'ampoule des ions positifs, en

Digitized by Google

dépit des faibles tensions employées et que, comme cela a déjà été suggéré (1), les états observés sont des équilibres entre ces ions et les électrons photoélectriques. Quand on envoie dans la pile beaucoup de lumière, il y aurait un excès d'électrons émis qui, une fois l'obscurité rétablie, ne pourraient être que lentement neutralisés par les ions positifs en nombre forcément limité. L'étude des caractéristiques de la lampe dont l'auteur s'est servi montre, en confirmation de cette hypothèse, que le vide y est relativement peu avancé.

Ces phénomènes gênants ne s'observent pas avec les petits éclairements, les mesures ne sont troublées que par les variations d'éclat des sources lumineuses. Pour avoir des sources constantes, l'auteur a employé des lampes de deux bougies environ alimentées par des batteries de quatre volts de très grande capacité et il attendait au cours des mesures que leur régime se fût établi. Il convient d'observer que, pour les très grandes intensités lumineuses, l'amplification ne présente pas le même intérêt : d'abord parce que les courants photoélectriques peuvent se mesurer directement avec un galvanomètre sensible, et en second lieu parce que la loi de proportionnalité entre le courant photoélectrique et l'intensité lumineuse est vérifiée avec une précision moindre.

(1) MM. Ferrié, Jouaust et Mesny, travail déjà cité.

Digitized by Google

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

La mort par l'électricité : résultats pratiques acquis par des études électropathologiques (Note de Stefan Jellinek. : *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 7 décembre 1925)(1). — Au congrès électrologique qui a eu lieu à Paris en 1910, j'ai esquissé l'état où se trouvait à cette époque l'électropathologie. Depuis lors, les recherches cliniques et pathologiques ont pris une grande extension, les accidents électriques étant assez nombreux en Autriche : chaque année j'ai l'occasion d'assister au moins à six dissections et de traiter dans les cliniques (Allgemeines Krankenhaus à Vienne) environ 30 blessés par le courant électrique.

J'ai toujours insisté sur ce point, qu'il existe une grande différence entre les brûlures ordinaires et les changements de la peau occasionnés par l'électricité ; j'ai appelé ceux-ci *marques d'électricité*. Ces marques électriques ont un caractère spécial tant au point de vue clinique qu'au point de vue anatomique : elles forment des plaques dures sur la peau, d'une couleur généralement blanchâtre, de forme circulaire ; on peut également remarquer *que les poils se trouvant dessus ou entourant la plaie ne sont ni brûlés ni roussis* ; autour de ces marques il n'y au aucune inflammation *ni même de rougeur* ; elles ont encore la particularité de n'occasionner *aucune douleur* et marquer *une grande tendance à se guérir*, bien que ces marques n'offrent pendant quelques semaines aucun changement. L'aspect d'une telle marque est si caractéristique, que le connaisseur est à même de constater immédiatement que l'électricité en est la cause, ce qui peut, dans le cas de mort mystérieuse ou de crime, être d'une grande utilité pour les recherches judiciaires.

Les marques électriques présentent des propriétés très particu-

(1) Les deux notes de M. Jellinek qui suivent, les remarques de M. d'Arsonval, et les renseignements extraits par M. Pomey du *Bulletin de l'Association des industriels*, se rapportent à un seul sujet : les accidents causés par l'électricité.

Digitized by Google

lières, même quand elles sont profondes et que les tendons, les jointures, les cavités des os sont entamés : les marques ou les blessures électriques les plus graves se guérissent sous la *forme de nécrose aseptique* presque *toujours sans fièvre*, sans changement important *dans l'état général* du malade, ainsi que l'a signalé le premier M. d'Arsonval (1) pour les brûlures causées par la haute fréquence. J'ai pu constater que des membres momifiés s'étaient détachés spontanément ; la plaie s'est refermée d'elle-même.

Il arrive trop souvent que des médecins, agissant selon les règles de la pathologie générale, amputent inutilement les membres ou les extrémités. Ils ne savent pas que deux contre-indications parlent contre une telle amputation :

1° Il est absolument impossible de déterminer (dans les premiers jours ou même les premières semaines après l'accident) jusqu'à quels points les tissus, qui paraissent aujourd'hui encore normaux, peuvent être le lendemain atteints par la nécrose.

2° Le deuxième danger d'une telle opération consiste dans la difficulté d'arrêter l'écoulement du sang (hémostase). Les parois des vaisseaux subissent dans les six ou huit semaines un tel changement, qu'elles sont facilement coupées par la ligature. Je peux citer des cas, où après une telle opération les électrocutés sont morts à la suite de grande perte de sang, bien que l'on eût plusieurs fois exécuté des ligatures.

Dans les cas même très graves, la *thérapie conservative* donne les meilleurs résultats. Il y a seulement deux cas où il faut avoir recours à la chirurgie :

1° Faire une ponction lombaire, quand la pression du liquide cérébrospinal est forcément augmentée.

2° Dans le cas d'abondante hémorragie de la blessure, ce qui peut avoir lieu subitement et ne doit étonner ni le médecin ni le garde-malade.

Le pronostic de toutes les altérations électriques est en général très bénin, non seulement pour les lésions externes, mais aussi pour des affections localisées dans des organes internes, par

(1) *Comptes rendus*, 1901, p. 1295.

Digitized by Google

exemple : les névrites, les altérations fonctionnelles de la moelle épinière, etc...

Accidents électriques et respiration artificielle (Note de Stefan Jellinek : *Comptes rendus de l'académie des sciences*, 28 décembre 1925). — Un point de grande importance pour le médecin est la *mort apparente* de l'électrocuté. Les autopsies montrent que les organes indispensables à la vie (cerveau, cœur, etc.) n'ont subi aucune altération anatomique susceptible d'occasionner la mort ; au contraire, les autopsies enseignent que tous les essais faits pour rappeler la victime à la vie ont grande chance de réussite ; au point de vue de cette argumentation on doit en outre observer que telle victime ayant été rappelée à la vie ne montre aucun symptôme pouvant faire supposer qu'un *foyer morbide* existe dans les organes centraux, même si les électrocutés n'ont donné aucun signe de vie pendant des heures, la *restitutio ad integrum* est complète. *Les grands troubles capables de menacer la vie sont surtout fonctionnels* ; ce qui plaide en faveur de cette opinion est le fait que la mort électrique, en effet *la mort apparente*, se montre sous quatre aspects différents :

1. *Mort instantanée* (exitus momentaneus) : L'électrocuté tombe foudroyé en une fraction de seconde ;

2. *Mort retardée* (exitus retardatus) : mourir dure secondes ou minutes, pendant lesquelles la victime peut crier au secours ;

3. *Mort interrompue* (exitus interruptus) : permettant à la victime de se relever, voire même de parler, puis elle retombe sans connaissance comme morte ;

4. *Mort prolongée* (exitus dilatus) : la victime, légèrement ou gravement atteinte, meurt subitement quelques jours ou semaines plus tard.

Toutes les observations, faites soit sur les cadavres, soit sur les blessés dans les hôpitaux, ont prouvé que la mort par l'électricité n'est qu'une mort apparente et que, comme notre maître d'Arsonval l'a déjà conseillé en 1885, « un homme électrocuté doit être traité comme un noyé ». Dans la brochure que j'ai publiée [*Der elektrische Unfall* (*L'Accident électrique*), Verlag Deuticke,

Digitized by Google

Wien 1925], je cite des cas où les électrocutés, ayant été considérés comme morts, ont pu être rappelés à la vie grâce à la respiration artificielle. La grande valeur de la respiration artificielle est trop peu connue, même dans le monde médical. A cette occasion je veux faire remarquer que j'ai pu démontrer sur des cadavres que par la respiration artificielle, non seulement la ventilation de la poitrine, mais aussi la pression du sang dans les vaisseaux, ont été influencées : le manomètre différenciel introduit dans les artères et les veines fémorales nous montre que, dans les artères, la pression avait augmenté, tandis qu'elle avait diminué dans les veines.

Une autre preuve se rapportant à la question de la mort apparente est l'expérience suivante que j'ai faite : une chienne pleine, à un degré très avancé, a été tuée par un courant continu (100 volts) ; un quart d'heure après, j'ai enlevé trois petits, que j'ai pu conserver à la vie pendant une semaine (ils ont crevé par suite d'entérite et d'une pneumonie) ; la viabilité de ces petits nés un quart d'heure après la mort de la mère, prouve que le choc électrique n'a pas amené immédiatement la mort, mais que les organes de la chienne sont restés un certain temps viables ou au moins dans un *état nécrobiotique*. Cette expérience offre non seulement un intérêt théorique, se rapportant au problème de la mort causée par l'électricité, mais doit être aussi d'une importance pour la pratique : jusqu'à maintenant quand une femme enceinte était foudroyée, on la considérait comme perdue et l'on faisait l'opération césarienne pour sauver tout au moins l'enfant ; notre expérience répétée sur d'autres animaux nous enseigne que, au lieu de faire une telle opération presque toujours sans résultat, il est préférable d'essayer de rappeler la mère, et par suite l'enfant, à la vie par la respiration artificielle.

Si les premiers secours ne donnent pas toujours un résultat satisfaisant, la cause en est la suivante : les mouvements exécutés ne sont pas faits conformément aux règles d'une bonne technique. L'autre faute vient de ce que la respiration artificielle est commencée en général *trop tard* et est de trop *courte durée* ; on règle la durée d'après la montre, au lieu de chercher à constater les taches livides ; seulement si celles-ci sont visibles, on peut affirmer que la victime est morte.

Digitized by Google

La tristesse de cet état de choses (d'un côté les électrocutés abandonnés comme morts, de l'autre côté les blessés opérés à tort et rendus infirmes) peut être combattue seulement de la façon suivante :

1° par la création de *stations électropathologiques* dans les hôpitaux de l'université ou de la ville, principalement dans le voisinage des grands centres industriels, autant pour le traitement des malades selon les règles de la science, que pour l'instruction des médecins et aussi pour l'instruction des ingénieurs ;

2° par l'*organisation d'un nouveau service de secours* dans les usines et établissements électriques, comprenant une équipe d'homme (désignés pour les premiers secours) et *munis d'outils nouveaux*.

Il serait aussi nécessaire que la jeunesse apprenne déjà à l'école primaire les dangers de l'électricité et les moyens de les éviter. Il serait aussi nécessaire que tout jeune homme voulant devenir électricien soit examiné par un médecin expert, parce que certaines constitutions succombent très facilement au choc électrique.

Au congrès international des accidents (Amsterdam, septembre 1925) j'ai proposé la création d'une commission internationale pour combattre les dangers d'électricité. J'ai proposé de nommer M. d'Arsonval président de cette commission internationale. Cette double proposition a été votée à l'unanimité par les membres du congrès.

Remarques au sujet des communications de M. Jellinek (A. d'Arsonval : *Comptes rendus de l'académie des sciences*, 28 décembre 1925). — Les communications de M. Jellinek sur les accidents électriques, résultat de 15 ans d'observation, confirment en tous points les expériences que j'ai publiées, voilà tantôt 40 ans, dans les *Comptes rendus*, sur le même sujet (1).

J'ai pu les résumer ainsi dans ma note du 4 avril 1887 : j'ai montré que l'électricité provoque la mort de deux façons très différentes :

(1) Voir *Comptes rendus*, 1885, p. 239 et p. 733 ; 1887, p. 978, et *Société des électriciens*, 1892, p. 156.

Digitized by Google

1° *par lésion ou destruction des tissus* (effets disruptifs et électrolytiques de la décharge), *effets directs*, _

2° *par action réflexe ou indirecte* en agissant sur les centres nerveux dont l'irritation entraîne l'infinie variété d'effets si bien étudiés par Brown-Séquard, sous les noms d'*inhibition* et *dynamogénie* (arrêt de la respiration, arrêt du cœur, arrêt ou exagération des échanges, etc.).

Cette distinction a une valeur pratique en ce sens que, dans le premier cas, la mort est définitive tandis que, dans le second, l'expérimentation m'a prouvé qu'on peut le plus souvent ramener le foudroyé à la vie en pratiquant la respiration artificielle immédiatement ; d'où ma formule devenue classique : *Un foudroyé doit être traité comme un noyé*.

Ces conclusions tirées de mes expériences sur les animaux sont valables pour l'homme. Je l'ai montré dans ma note du 21 mai 1894 rapportant (1) l'accident de Saint-Denis d'après la relation qui m'en fut faite par les électriciens Picou et Maurice Leblanc, notre regretté confrère, sauveteurs de l'électrocuté en appliquant ma méthode. La longue pratique de M. Jellinek en est une confirmation définitive.

La destruction des tissus par le courant est *aseptique*, leur élimination se fait *spontanément* (2) comme je l'avais vu pour les courants de haute fréquence. M. Jellinek, en condamnant toute intervention chirurgicale, rend un grand service aux électrocutés pour les raisons consignées dans sa note.

Il est non moins essentiel, comme le recommande ce savant, d'agir le plus rapidement possible et d'employer une bonne technique pour pratiquer la respiration artificielle.

La méthode la plus pratique est celle de Schæfer, plus simple que le procédé Sylvester, et bien supérieur à celui de Laborde. On y joindra, quand on le pourra, les inhalations d'oxygène préconisées par Legendre et Nicloux.

Si mes expériences sur les animaux ont presque toujours réussi, c'est parce que j'employais les procédés mécaniques utilisés

(1) Voir *Comptes rendus*, 1894, p. 1139.
(2) Voir *Comptes rendus*, 1901, p. 1297.

Digitized by Google

par les physiologistes pour la respiration artificielle. Depuis, on a imaginé des procédés de cet ordre applicables à l'homme, mais qu'on n'a pas toujours sous la main alors qu'il est nécessaire d'aller vite.

Il est non moins important de retenir les suggestions de M. Jellinek pour l'éducation des médecins, des électriciens et du public en matière d'accidents électriques.

Une commission interministérielle est actuellement réunie, sous ma présidence, au ministère des Travaux publics pour s'occuper de ces graves et multiples questions.

La respiration artificielle des asphyxiés (*Bull. bimestriel de l'association des industriels de France entre les accid. du trav.* : mai 1923) (1). — L'asphyxie est la privation de vie par manque de l'air nécessaire à la respiration.

---

(1) Nous reproduisons ici une partie d'une communication relative aux soins à donner aux victimes d'accidents électriques. La question a fait l'objet des préoccupations du ministre des Travaux publics : une commission formée de spécialistes a été constituée. Le comité d'électricité a eu le regret de constater que les prescriptions étaient le plus souvent ignorées ou mal appliquées. On a attribué cet état de choses à diverses causes ; l'une d'elles est que la méthode de respiration artificielle connue sous le nom de méthode de Schæffer, qui est efficace en même temps que la plus facile à appliquer, n'a pas retenu suffisamment l'attention du public, et des voix autorisées ont demandé que l'attention fût appelée sur elle. Nous rappellerons que l'éminent directeur de l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions, M. J.-L. Breton, a présenté en février 1923 à l'Académie des Sciences une note de M. Legendre et du Dr Nicloux, professeur à la Faculté de Médecine de Strasbourg, sur les meilleurs moyens de secours à apporter aux asphyxiés. Il rappelait, dans une lettre au ministre de l'Hygiène et de la Prévoyance sociales, combien la question était importante du fait de la fréquence croissante des accidents d'électrocution et des intoxications par l'oxyde de carbone dans l'industrie.

Legendre et Nicloux préconisent une méthode de respiration artificielle, encore très peu connue en France et rarement pratiquée, bien qu'elle soit classique en Grande-Bretagne et aux États-Unis. Cette méthode, imaginée par M. Schæffer, présente, sur celle préconisée officiellement par le ministère des Travaux publics, un certain nombre d'avantages : commodité d'emploi dans un espace réduit, moindre fatigue des sauveteurs, évacuation des mucosités, impossibilité du blo-

Digitized by Google

Elle peut être due à l'arrêt du cœur, interrompant la circulation du sang ; à la paralysie des muscles respiratoires, empêchant les mouvements d'inspiration et d'expiration ; à l'impossibilité pour l'air de pénétrer dans les poumons.

Elle peut être occasionnée par la noyade, l'éboulement, la strangulation, la commotion électrique, le séjour dans un milieu de gaz délétères ou toxiques et, dans ce dernier cas, l'asphyxie s'accompagne d'intoxication.

L'asphyxié doit toujours être considéré comme étant en état de *mort apparente* et les soins pour le ranimer doivent lui être donnés avec *la plus grande rapidité possible.*

Après avoir expulsé l'eau de ses poumons en cas de noyade, nettoyé sa bouche et ses fosses nasales des corps étrangers qui peuvent s'y trouver, les soins à donner consistent principalement dans les manœuvres de *respiration artificielle.*

Lorsqu'on ne dispose d'aucun appareil automatique à oxygène, il faut employer les manœuvres manuelles de respiration artificielle par les procédés Sylvester ou Schæffer, manœuvres que l'on doit continuer sans se lasser pendant 2 ou 3 heures au besoin.

1° *Méthode de Sylvester.* — C'est la mieux connue et la plus souvent appliquée en France.

Le malade étant couché sur le dos, on déboutonne rapidement

---

cage du larynx par la langue, facilité d'emploi par des sauveteurs non professionnels.

Un film de démonstration a été établi par l'Office national des recherches et inventions.

Quelles que soient les causes de l'arrêt respiratoire, les soins à donner sont identiques dans tous les cas. Ils consistent en manœuvres de respiration artificielle, associées si possible aux inhalations d'oxygène.

Ces dernières sont pour ainsi dire indispensables lorsqu'il s'agit d'intoxication par l'oxyde de carbone ; l'oxygène pur déplace l'oxyde de carbone de sa combinaison avec très grande rapidité (voir deux notes de M. Nicloux aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* : tome CLVII, p. 1425 ; tome CLVIII, p. 363) et agit par conséquent avec une efficacité bien autre que l'air atmosphérique. D'après les avis les plus autorisés, il semble que la méthode de Laborde ou des tractions rythmées de la langue doive céder le pas aux méthodes de Sylvester et de Schæffer, ces deux dernières seules étant efficaces dans le cas d'arrêt respiratoire absolu.

J.-B. P.

Digitized by Google

le col de ses vêtements (fig. 1), on écarte les mâchoires si elles sont serrées, on fixe la langue hors de la bouche pour qu'elle n'obstrue pas le larynx, puis on soulève légèrement les épaules en glissant dessous un paquet de vêtements ou un coussin, et l'on commence les mouvements.

Le sauveteur se place à la tête du malade, lui prend les avant-

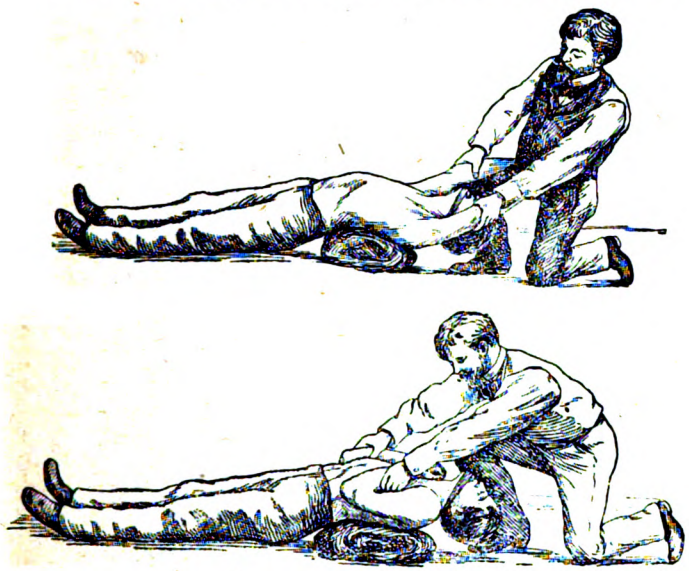


Fig. 1.

bras au dessous du coude et les tire vigoureusement à lui pour produire l'inspiration, puis il repousse les avant-bras et les ramène repliés sur les bras contre la poitrine de manière à la comprimer et à produire l'expiration. Les mouvements d'inspiration et d'expiration alternent régulièrement au rythme de 10 à 16 par minute. Le sauveteur inspire lui-même en tirant les bras et expire en les poussant.

Lorsque deux personnes peuvent s'occuper de la victime, il est bon, en même temps que l'on pratique la méthode de Sylvester, d'effectuer *les tractions rythmées de la langue* par la méthode de Laborde.

On ouvre la bouche, au besoin en desserrant les mâchoires au moyen d'un coin introduit entre les molaires, et on saisit la langue

Digitized by Google

avec une pince tire-langue, ou, à défaut, avec un linge, mouchoir, cravate ou tout autre morceau d'étoffe. Il est prudent de s'envelopper complètement la main d'un linge avant de chercher à saisir la langue dans la bouche. Les éraflures produites par les dents au cours de cette manœuvre sont, en effet, fréquentes et présentent un danger réel d'infection.

De la main droite, on tire la langue hors de la bouche, puis

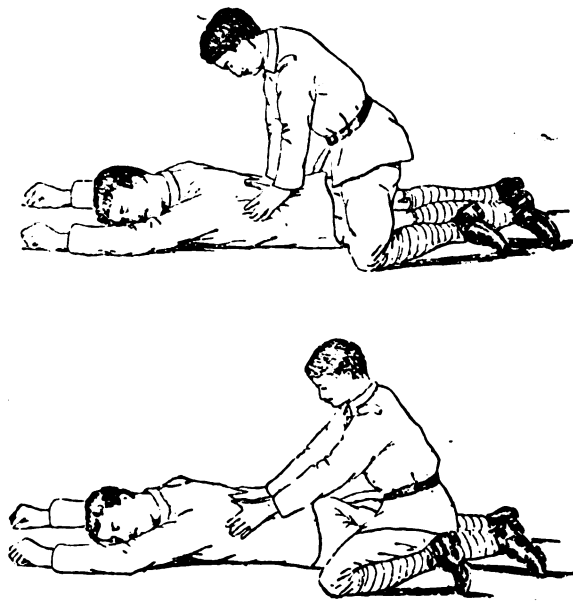


Fig. 2.

on la laisse rentrer d'elle-même sans la lâcher, en même temps qu'on appuie de la main gauche libre sur l'épigastre.

On cesse la pression de la main gauche et l'on recommence la traction de la main droite, répétant les mêmes mouvements en cadence au rythme de 16 par minute.

2° *Méthode de Schæffer*. — Cette méthode, utilisée surtout en Angleterre et en Amérique, est plus simple et moins pénible que la méthode de Sylvester.

Le malade est étendu sur le sol, le ventre contre terre, les bras allongés en avant, la figure tournée sur le côté (fig. 2). Le sauveteur se place à genoux, les cuisses du patient entre ses jambes,

Digitized by Google

de manière à pouvoir s'asseoir sur les mollets de l'asphyxié. Il étend les bras et pose ses mains ouvertes sur le dos, au niveau des dernières côtes, les pouces se touchant presque ; il appuie *progressivement* et sans brusquerie de tout son poids sur le thorax de manière à provoquer l'expiration ; il cesse alors de presser, tout en laissant ses mains en place, s'asseoit sur les mollets ; l'inspiration se produit par l'élasticité des côtes et des organes abdominaux ; il recommence la pression progressive et continue ainsi à raison d'une pression de trois secondes toutes les cinq secondes.

Du choix à faire entre les deux méthodes. — Le choix à faire entre les deux méthodes dépend des circonstances et de l'habitude de l'opérateur.

La méthode Sylvester semble mieux assurer la ventilation des poumons et la circulation du sang. Elle se prête aussi à l'application simultanée des tractions rythmées de la langue, ce que ne permet pas la méthode Schæffer. Mais, d'autre part, la méthode Sylvester demande plus de force et est plus fatiguante à appliquer. Il y a des cas où l'on ne peut y recourir, par exemple lorsque la victime a des blessures aux bras, ne permettant pas de relever et d'abaisser ceux-ci. On peut également redouter, avec elle, la chute de la langue en arrière, obstruant le passage de l'air. On peut craindre aussi, dans le cas de submersion, le noyé étant couché sur dos, l'ingestion du mucus sécrété par les muqueuses, empêchant l'accès de l'air aux poumons en se transformant en écume qui peut obstruer les capillaires des bronches.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Pression de la lumière, par Pierre Lebedef, traduit du russe par T. Kousmine, chef de travaux de physique à l'université de Lausanne (Collection de monographies scientifiques étrangères publiée sous la direction de M. G. Juvet, professeur à l'université de Neuchâtel). Paris, Librairie scientifique Albert Blanchard, place de la Sorbonne. — Prix : 7f,50.

Pierre Lebedef, né à Moscou en 1866, fut élève de Kundt et Kohlrausch, sous la direction desquels il travailla à Berlin et à Strasbourg. Rentré en Russie avec le grade allemand de docteur, il devint le collaborateur du professeur Stoletor. Des travaux sur les courtes ondes électromagnétiques lui valurent la chaire de physique de l'université de Moscou et l'amenèrent à étudier l'action pondéromotrice de la lumière sur les corps solides et gazeux. Ce fut son travail principal. — Il aborda aussi le problème du magnétisme terrestre : la mort, survenue en 1913, l'empêcha de terminer cette étude. Lebedef était membre d'honneur de l'Institut royal de Grande-Bretagne.

La présente brochure est un résumé des travaux consacrés par Lebedef à la mesure de la pression de la lumière. — La première partie, écrite en 1901, traite de la pression de la lumière sur les corps solides. L'auteur a vérifié que la lumière tombant sur une surface absorbante ou réfléchissante exerce sur elle une action pondéromotrice indépendante des forces de convection et des forces radiométriques créées par l'échauffement. Il a pu mesurer cette action, qu'il a trouvée proportionnelle à l'énergie du faisceau incident et indépendante de sa couleur ; cette pression est d'ailleurs fonction du pouvoir réflecteur de la surface, conformément à la formule indiquée par Maxwell et Bartoli.

Les résultats obtenus ne s'appliquent qu'à des corps dont les dimensions sont grandes vis-à-vis de la longueur d'onde de la lumière : ils ne permettent pas d'expliquer l'action répulsive du soleil sur

Digitized by Google

les molécules gazeuses constituant la queue des comètes et de vérifier l'hypothèse formulée par Kepler. — Lebedef entreprit de mesurer directement la pression exercée par un faisceau lumineux sur une couche de gaz; il décrit dans la seconde partie de l'ouvrage les expériences qui lui permirent de mettre en évidence l'existence de cette pression et de mesurer sa valeur, qu'il trouva proportionnelle à l'énergie du faisceau incident et au pouvoir absorbant du gaz, conformément à la relation donnée par Fitzgerald.

La précision et la clarté que l'auteur apporte à la description des dispositifs expérimentaux, la sobriété avec laquelle il indique les difficultés de mise en œuvre d'une méthode dont il laisse d'ailleurs la paternité à Maxwell, rendent singulièrement attachante la lecture de ces soixante pages, résumé de douze années d'un patient et génial labeur. R. Bigorgne.

Englisch-deutsches und deutsch-englisches Wörterbuch der elektrischen Nachrichtentechnik, von O. Sattelberg, im Telegraphentechnischen Reichsamt, Berlin. *Zweiter Teil : Deutsch-englisch.* Berlin, Verlag von Julius Springer, 1926. Un vol. in-16 de 319 pages. — Prix (relié) : 12 marcs.

Depuis ces dix dernières années, il y a peu de domaines où l'on ait vu un essor comparable à celui de la technique des télécommunications électriques. Il est donc tout à fait indiqué, surtout en vue de l'accord qui s'élabore pour la création d'un réseau téléphonique international et en présence de tous les autres efforts d'unification, de contribuer à diminuer les difficultés qui proviennent de la diversité des langues en procurant aux spécialistes un dictionnaire technique des télécommunications.

L'auteur espère qu'il a donné les expressions techniques avec leur sens d'application d'une façon assez complète et assez correcte pour que ce dictionnaire devienne un auxiliaire utilisable dans la plupart des cas de la pratique. Si ce but n'a pas été atteint (et il ne saurait guère l'être jamais entièrement), cela tient peut-être moins au défaut de soin qu'à toutes sortes de difficultés rencontrées dans la mise en œuvre. La moindre d'entre elles ne fut pas le manque trop sensible d'uniformité de la terminologie dans un domaine en progrès constant comme la téléphonie.

Digitized by Google

Les expressions anglaises ont été empruntées presque exclusivement aux publications originales sur ces matières ; on n'a utilisé que très rarement des traductions d'allemand en anglais. L'auteur a mis à profit des livres, brochures, journaux et brevets anglais ou américains, formant un total de plus de 9.000 pages et empruntés aux domaines les plus divers, pour composer la matière première qu'il a eu à traiter. Il a fait un usage extensif des écrits spéciaux allemands à titres de termes de comparaison.

Malgré tout son soin, l'auteur ne peut être sûr qu'il n'y ait pas dans son œuvre des lacunes ou quelques inexactitudes et il accueillera avec gratitude toute communication qui serait susceptible d'augmenter la valeur des éditions ultérieures.

Les lecteurs français ont le plus grand intérêt à se procurer ce dictionnaire, car les expressions anglaises et allemandes s'éclairent et se contrôlent mutuellement. Il est indispensable à ceux que leurs fonctions appellent à parcourir les périodiques anglais et allemands.

Citons, par exemple, les mots suivants :

D.M Vierer (= *Dieselhorst-Martin-Vierer*), *two pair core* ; *Stern-Vierer*, *aspiral(led) four*, *spiral quad.*

Le Gérant

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

Engineering Library

15e ANNÉE. — N° 5. MAI 1926. PRIX : 4 fr. 50.

JUN 2 1926

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS Ve

Digitized by Google

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger... 60 francs.

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'Ecole Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

ANNEXE

au Rapport présenté à la semaine d' Octobre 1925

de la **SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRICIENS**

intitulé

NUMÉRATION, TRADUCTION ET SÉLECTION

dans les Grands Réseaux Téléphoniques urbains

PAR **A. DAMOISEAUX**

rapport publié au

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRICIENS

supplément au N° 50 d' Octobre 1925

"TELECOMMUNICAITONS, RECHERCHES ET MESURES"

reproduit dans les

ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

FASCICULE N°1, 15e Année, JANVIER 1926.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

L'hôtel des postes de Tunis, par E. Crouzet, inspecteur des Postes et Télégraphes, chef des services électriques de l'office tunisien..... 385

Les postes de réception types de la radiodiffusion, par M. Pellenc, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 392

Enregistreur automatique de signaux Morse en langage clair... 416

Étude des postes d'opératrice dans les bureaux téléphoniques, par J.-H. Gosselin, ingénieur des Postes et Télégraphes.... 430

Localisation d'un défaut d'isolement sur un câble téléphonique, par K. Küpfmüller. 437

Revue des périodiques. — *Périodique en langue française* : Sur la détection. — *Périodiques en langues étrangères* : Emploi des alliages de grande perméabilité dans la construction des transformateurs d'intensité. — Les variations des signaux de T.S.F.

Informations. — Le trafic à New-York. — Addenda. — Fer à souder électrique spécial pour la téléphonie et la télégraphie.

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

L'HOTEL DES POSTES DE TUNIS,

Par E. CROUZET,
Inspecteur des Postes et Télégraphes,
Chef des services électriques de l'office postal tunisien.

L'office postal tunisien a fait, depuis sa création, un effort remarquable pour doter ses bureaux de poste de locaux spacieux, confortables et largement conçus ; c'est d'ailleurs la première chose qui frappe le personnel métropolitain à son arrivée dans la régence. Le plus grand nombre de ces constructions est dû à l'esprit d'initiative et de réalisation de M. Barbarat, actuellement à la retraite. Il sut trouver une formule heureuse pour se procurer les fonds nécessaires ; il fit dresser les plans et exécuter l'édification de plus de cinquante bâtiments de différents types, où l'on reconnaît ses qualités d'organisateur.

Mais nous nous bornerons dans cet article à décrire le premier en date de tous ces monuments : l'hôtel des postes de Tunis, qui fut conçu sous la haute direction de M. Cheylus, ingénieur des P.T.T., premier directeur et fondateur de l'office postal.

L'édifice, qui est certainement encore aujourd'hui, sinon le plus grand, du moins le plus beau monument de ce genre dans l'Afrique du Nord, a été élevé en 1890-1891 d'après les plans de M. Saladin, architecte, par la direction du Service des travaux publics.

La façade, dont la photographie ci-jointe donne l'aspect général, est caractérisée par de belles arcades de plein cintre en pierre de taille à bossages profilés avec surface brute, que relève le corps du hall central aux dimensions majestueuses, éclairé par trois hautes baies vitrées. La ligne générale est, à la fois, sévère et harmonieuse ; il est seulement regrettable que l'étroitesse de la rue d'Italie, construite postérieurement à ce bâtiment,

Digitized by Google

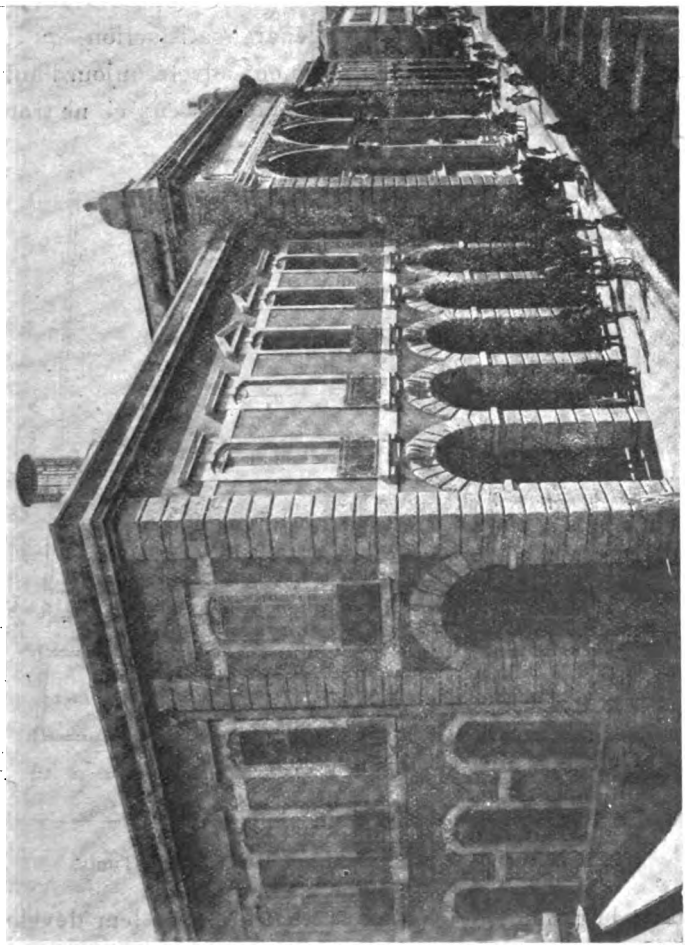
ne permette pas un recul suffisant pour apprécier comme il convient la beauté de l'ensemble.

L'hôtel des postes est situé sur un terrain qui est encore marécageux, aux portes de la vieille ville arabe ; cet emplacement devait devenir le centre du quartier français. Les fondations furent établies sur de solides pilotis ; elles coûtèrent à elles seules plus de 400.000 francs. La nappe souterraine salée ne se trouve en cet endroit qu'à $2^{m},20$ de profondeur au-dessous du niveau des rues, ce qui exclut pratiquement toute utilisation normale du sous-sol.

Rien ne fut négligé pour réaliser une construction soignée : la pierre de taille fit l'objet d'un choix rigoureux et l'on n'hésita pas à ouvrir une carrière à Chemtou, dans la vallée de la Medjerdah, pour obtenir des blocs de grandes dimensions d'un calcaire dur et homogène, de teinte chamois, susceptible d'un très beau poli. Les usines de Louvroil fournirent la plupart des carrelages, qui sont tous en grès céramique de très belle qualité ; ceux du grand hall, en particulier, moulurés à plusieurs teintes, ont coûté très cher, mais il faut reconnaître que ce luxe, qui parut à l'époque quelque peu dispendieux, ne fut en réalité qu'une sage économie, car ni le temps, ni les lavages quotidiens, ni la circulation pourtant intense dans la salle du public n'ont encore produit, après trente-quatre ans, aucune usure appréciable sur ces matériaux de choix. Il n'est pas jusqu'aux persiennes des grandes et nombreuses fenêtres de l'édifice qui n'aient été conçues avec le désir d'assurer leur longévité : entièrement en fer et en tôle soigneusement ajustées, elles ont admirablement résisté à l'air marin et surtout aux vents brûlants de l'été qui font jouer partout les menuiseries les mieux établies.

L'immeuble est couvert en terrasses, sur lesquelles il existe même un jardin. Des précautions toutes spéciales ont été prises contre les chaleurs de l'été : la température atteint et dépasse parfois 45 degrés à l'ombre ; plusieurs épaisseurs de coke et de matériaux poreux séparent les carrelages de ces terrasses du plafond de l'étage, qui se trouve lui-même à une hauteur de $6^{m},50$ au dessus du plancher. Les pièces sont partout spacieuses

Digitized by Google

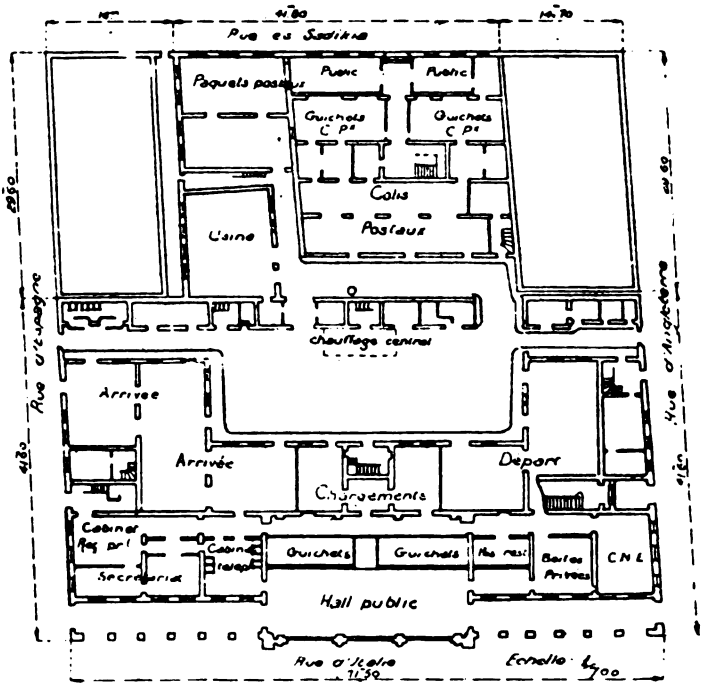


Vue de l'hôtel des Postes de Tunis.

Digitized by Google

et faciles à aérer. L'hiver cependant, comme les froids, sans être rigoureux, sont pénétrants en raison de l'humidité, on a installé depuis 1913 le chauffage central à la vapeur. Ce travail a été confié à la maison Grouvelle et Arquembourg, et l'installation, en dépit des difficultés inhérentes au cube imposant des salles, est assez économique et donne en général satisfaction.

Le rez-de-chaussée est entièrement affecté aujourd'hui aux services postaux et aux guichets du public. Ceux-ci ne trouvent



Plan du rez-de-chaussée de l'hôtel des Postes de Tunis.

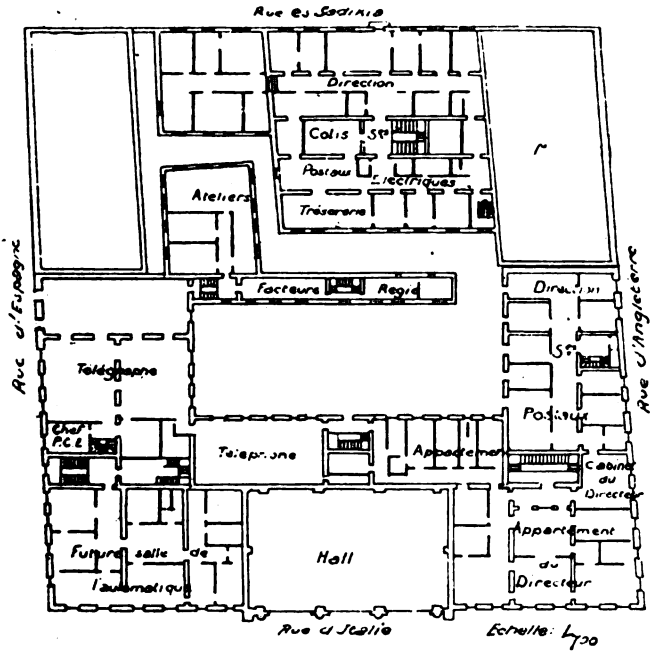
plus dans le grand hall la place compatible avec leur développement.

Cette salle, certainement la plus remarquable par ses dimensions (13 mètres de haut, 28 mètres de long sur 16 mètres de large), par le luxe de ses plafonds avec rosaces découpées, par le décor de ses peintures et de ses menuiseries, avait été jugée, lors de la construction, hors de proportion avec le but à

Digitized by Google

atteindre ; elle ne suffit plus maintenant à distribuer le public aux divers comptoirs ; les opérations du service des P.T.T. se sont étendues : en Tunisie, comme en France, du reste, elles comprennent aujourd'hui les opérations les plus diverses.

A l'étage, ont trouvé place les services de la direction, l'appartement du directeur, qu'on a essayé de rendre digne de la haute situation de ce fonctionnaire, le central télégraphique, et enfin le central téléphonique qui va absorber l'appartement



Plan de l'hôtel des postes de Tunis.

du receveur principal. C'est là que seront logés les meubles automatiques dont l'étude est en cours.

L'hôtel des postes a été à Tunis le premier bâtiment éclairé à l'électricité ; son usine génératrice alimentait également, au début, le palais de la Résidence ; les groupes à vapeur, du type Weyer et Richemond, ont fonctionné jusqu'en 1913, époque à laquelle l'usine a été entièrement remaniée. Dotée d'un Diesel Normand et d'un semi-Diesel de secours du type Thomson-

Digitized by Google

Houston (50 kilowatts), elle présente quelques particularités intéressantes au point de vue de la simplicité des manœuvres, la distribution d'énergie électrique s'effectue à la tension à peu près constante de 112 à 115 volts continue aux barres. Une même génératrice Thomson-Houston de 300 ampères à pôles compensés donne l'éclairage et effectue, sans adjonction de survolteur, la charge des accumulateurs. Ceux-ci, du type Tudor (800 ampères-heure), sont en effet groupés par batteries amovibles de 15 éléments et servent indifféremment à l'éclairage et aux besoins du téléphone et des baudots. Pour la charge, on les intercale en série par groupes de trois batteries sur les barres à 122 volts; pour la décharge, quatre batteries en série, dont quelques éléments de réduction, assurent le service aux heures de faible débit. Les groupes disponibles distribuent sur diverses barres à 28 volts le courant nécessaire au téléphone, à la signalisation et au baudot.

Toutes les manœuvres de ces groupes se font au moyen de fiches irréversibles, de section appropriée aux intensités de débit et de charge.

Cette organisation de la distribution, outre l'avantage de la simplicité, présente une très grande souplesse et permet l'équilibrage du travail et de la charge des accumulateurs ainsi que la révision des bacs dans les meilleures conditions. La dépense annuelle d'énergie est de l'ordre de 100.000 kilowatts-heure pour l'ensemble des services.

La station de chauffage central mérite également une mention spéciale. Installée après coup à la cote de 1m,50 au-dessous de la nappe aquifère, elle a nécessité pour son installation un procédé assez original. On a construit hors du sol un vaste caisson de ciment armé, convenablement imperméabilisé par du bitume, et ce caisson a été ensuite descendu verticalement par affouillement à la profondeur qu'exigeait, pour les retours d'eau, le fonctionnement du chauffage central. Cette chambre souterraine, ainsi aménagée sous le sol de la cour, a résisté parfaitement aux pressions qu'exerce la nappe souterraine sur le fond et sur les parois latérales; elle est complétée par une cheminée octogonale de ciment armé qui a dix-sept mètres de hauteur.

Digitized by Google

Pour conclure, quel enseignement peut-on tirer, après plus de trente ans d'usage, d'un bâtiment construit sur ces données ? A notre sens, c'est surtout qu'il est mauvais d'arrêter dès le début un plan définitif d'utilisation des locaux. Un bureau de poste est une usine dont certains services se développent parfois momentanément d'une façon imprévue, et il est indispensable de pouvoir à peu de frais changer la disposition des lieux. Tous les gros murs de refend sont nécessairement une gêne : il y a avantage à user le plus possible de piliers de ciment armé ou de fer, et à laisser partout de grandes baies, quitte à les cloisonner par des briquetages facilement amovibles.

Dans ces vingt dernières années notamment, aussi bien au rez-de-chaussée qu'à l'étage, certains services n'ont cessé de s'étendre ; alors, de toutes parts, pour faciliter la surveillance ou la circulation, il a fallu lancer des poitrails et ménager des vides dans le gros œuvre même. Peu à peu, la poste a accaparé, comme c'était naturel, tous les locaux disponibles du rez-de-chaussée et de l'étage. Et actuellement c'est le téléphone qui a de grandes exigences pour ses câblages et ses bâtis d'automatique. Les uns après les autres, les services annexes ont dû essaimer.

De la distribution primitive des locaux, il ne restera, en définitive, qu'un grand hall, dont les dimensions sont encore convenables parce qu'il a été très largement conçu au début ; tout le reste du bâtiment a subi des changements d'affectation presque incessants, pourrait-on dire. Il paraît donc sage, dans des édifices de ce genre, de voir grand et de faire entre les localités deux parts : d'abord celle du service, qui doit être extensible ad libitum, comme une usine que l'ingénieur transforme suivant les besoins, pour l'adapter à des fins nouvelles ; et puis ensuite celle où le public a accès, beaucoup plus stable, sinon immuable ; et c'est cette dernière, par conséquent, que l'architecte peut aménager en y déployant toutes les ressources de son art.

Digitized by Google

LES POSTES DE RÉCEPTION TYPES DU SERVICE DE LA RADIODIFFUSION,

Par M. PELLENC,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

I. — Étude théorique.

Le Service de la radiodiffusion procède à l'organisation d'un réseau radiotéléphonique qui, une fois terminé, présentera dans ses grandes lignes les caractéristiques suivantes :

1° Un certain nombre de postes centraux ou nationaux à grande puissance, pourront être entendus sur tout le territoire en Algérie, en Tunisie, et à l'étranger dans toute l'Europe occidentale et centrale, sur des installations à lampes simples (trois ou quatre lampes en France) ;

2° Des postes régionaux seront établis en nombre suffisant pour permettre en tout point du territoire, sur des installations très simples, à galène, l'audition d'au moins un de ces postes.

Le Service de la radiodiffusion s'occupe, parallèlement à l'installation des postes émetteurs, de l'étude de dispositifs de récepteurs « types », se rangeant en trois catégories :

les appareils à galène, destinés à permettre l'écoute des postes régionaux ;

les appareils à lampes, destinés à satisfaire aux mêmes besoins ;

les appareils à lampes, destinés à l'audition des postes nationaux.

Les appareils à galène ont été établis de manière à pouvoir être construits et utilisés par une personne quelconque, si rudimentaires que soient ses connaissances en matière de T.S.F.

Les appareils à lampes destinés à la réception des postes régionaux s'inspirent des mêmes préoccupations, tandis que, dans ceux qui sont destinés à la réception des postes centraux

Digitized by Google

en un point quelconque du territoire, on s'est efforcé de pousser à l'extrême les qualités de sélectivité (pour la réception de ces postes éloignés malgré le poste régional voisin) et de bon rendement des lampes en vue d'une meilleure utilisation de l'énergie, etc..., en sacrifiant alors forcément la simplicité des réglages.

Les appareils des deux premières catégories sont appelés à fonctionner dans des conditions à peu près semblables :

une seule émission à recevoir pour les postes à galène, d'ailleurs situés à faible distance du poste émetteur (100 à 150 kilomètres au maximum), avec peu de chances de brouillage, chaque région n'ayant qu'un seul poste émetteur ;

le poste régional et quelques postes régionaux limitrophes à recevoir sur les dispositifs à lampes.

Tenant compte de ces considérations, on s'est attaché à satisfaire aux exigences suivantes :

simplicité de montage, d'où prix le plus bas possible ;

simplicité de réglage, d'où manipulation accessible au plus grand nombre de personnes possible ;

maximum de sélectivité compatible avec les conditions de fonctionnement ;

maximum d'intensité auditive ;

en s'attachant à ne développer l'une de ces qualités que dans la mesure où le sacrifice à consentir sur les autres reste en rapport avec les avantages retirés.

Les appareils « types » du Service de la radiodiffusion pour l'écoute des émissions régionales n'ont que la prétention d'avoir été étudiés en vue de satisfaire le plus possible aux conditions précitées.

Les dispositifs d'accord de ces deux catégories d'appareils (à galène ou à lampes) ayant les mêmes caractéristiques, les conclusions de l'étude suivante sont applicables aux deux dispositifs.

Considérons une antenne de réception. Elle peut être constituée par un ensemble de conducteurs quelconques destinés à capter l'énergie des ondes électromagnétiques. Ce système présente les particularités suivantes :

Digitized by Google

1° En l'absence d'appareil récepteur, si cet ensemble est connecté à la terre, il est susceptible d'entrer en résonance sur des longueurs d'onde bien déterminées, dont la plus grande, appelée *son fondamental*, a une période propre T que l'on peut mesurer.

2° Il existe, entre la force électromotrice E engendrée dans l'antenne par les ondes électromagnétiques, et l'intensité du courant I dans la base de l'antenne lorsqu'elle vibre sur son fondamental, la relation :

$$\frac{E}{I} = c^{te}.$$

Cette constante peut caractériser la résistance R du circuit d'antenne. Elle est également mesurable.

3° Si l'antenne est mise en vibration par une onde électromagnétique unique, elle continue à être, pendant un temps variable, le siège d'oscillations qui diminuent d'amplitude par absorption progressive, du fait de la résistance, de l'énergie qui lui a été communiquée.

On voit donc que ce phénomène d'extinction des oscillations sera d'autant plus rapide que la résistance sera plus grande.

Dans le cas d'un circuit fermé, la théorie amène à caractériser ce phénomène, qui dépend aussi de la valeur de la self du circuit, par une grandeur δ appelée *amortissement*, qui met en évidence l'influence de ces deux variables :

$$\delta = \frac{R}{2L}. \qquad (1)$$

On sait d'autre part que la théorie des mouvements vibratoires amène à définir δ par la relation : $\delta = \frac{1}{T} \operatorname{Log} \frac{y_n}{y_{n+1}}$, y_n et y_{n+1} désignant deux maximum ou minimum successifs. Cela permet de déterminer la valeur de δ pour une antenne.

Si nous considérons donc un circuit fermé, ayant même période T_a, même résistance R_a, même amortissement δ_a qu'une antenne déterminée, toutes les grandeurs caractéristiques de ce circuit R, L, C, sont déterminées par les trois relations :

$$T_a = 2\pi\sqrt{LC},$$

Digitized by Google

$$R_a = R,$$

$$\delta_a = \frac{R}{2L}.$$

Au point de vue de ses propriétés physiques, ce circuit sera équivalent à l'antenne ; c'est la raison pour laquelle on l'appelle *circuit équivalent*.

On sait que l'équivalence est encore conservée si on insère dans le circuit et dans l'antenne des résistances égales. Elle ne l'est plus si on insère des selfs ou des capacités, mais on peut trouver et définir alors comme précédemment un nouveau circuit équivalent.

Le rappel de ces quelques notions va nous servir dans l'étude que nous poursuivons.

* * *

Montage direct. — Considérons une antenne accordée sur une longueur d'onde λ et son circuit équivalent.

Le procédé de montage le plus simple, pour la détection des ondes radioélectriques captées par l'antenne, consiste évidem-

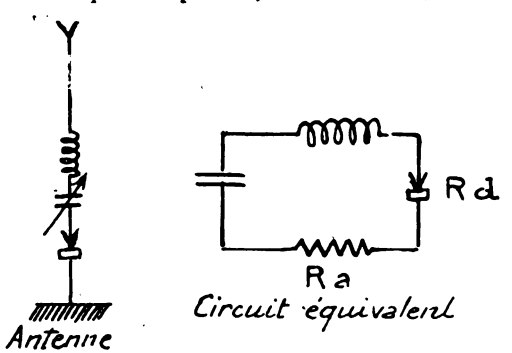


Fig. 1.

ment à brancher directement le système détecteur à la base de l'antenne ce qui revient à l'insérer simplement dans le circuit équivalent, pour lequel l'équivalence est conservée si le détecteur est une résistance pure (fig. 1).

En l'absence du détecteur, l'intensité maxima I dans le

Digitized by Google

circuit était reliée à la force électromotrice maxima E par la relation $I = \frac{E}{R_a}$, R_a étant la résistance de l'antenne définie comme il a été dit précédemment.

D'autre part, le circuit était caractérisé par un amortissement δ, tel que

$$\delta = \frac{R_a}{2L}.$$

L'insertion du détecteur dans le circuit modifie ces deux grandeurs de la façon suivante :

I diminue et devient : $I' = \frac{E}{R_a + R_d}$,

δ augmente et devient : $\delta' = \frac{R_a + R_d}{2L}$,

en désignant par R_d la résistance de l'ensemble détecteur.

Ce montage répond aux conditions de simplicité et de facilité de réglage, puisqu'on peut n'avoir à manœuvrer qu'une self ou un conducteur. Mais voyons quelles conclusions nous pouvons en tirer en ce qui concerne l'intensité d'audition et la sélectivité.

1° *Énergie absorbée par le détecteur.* — Cette énergie absorbée par l'ensemble détecteur de résistance apparente R_d est transformée en énergie à basse fréquence destinée à actionner les écouteurs téléphoniques.

Elle est égale à :

$$W = \frac{1}{2} R_d I'^2 = \frac{R_d E^2}{(R_a + R_d)^2}, \quad (\text{car } W = R_d I'^2_{\text{efficace}} = \frac{1}{2} R_d I'^2)$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{E^2}{\left(\frac{R_a}{\sqrt{R_d}} + \sqrt{R_d} \right)^2}.$$

L'énergie que peut prendre le détecteur au circuit oscillant est donc maxima quand le dénominateur de la fraction est minimum.

$\frac{R_a}{\sqrt{R_d}} + \sqrt{R_d}$ est la somme de deux grandeurs dont le pro-

Digitized by Google

duit est constant. On sait que, dans ces conditions, la somme est minima quand les deux grandeurs sont égales, c'est-à-dire quand

$$\frac{R_a}{\sqrt{R_d}} = \sqrt{R_d}, \text{ donc : } R_a = R_d.$$

L'énergie maxima prise au circuit oscillant est alors :

$$W = \frac{E^2}{8R_a};$$

Comme, en général, dans une installation, même d'amateur R_a

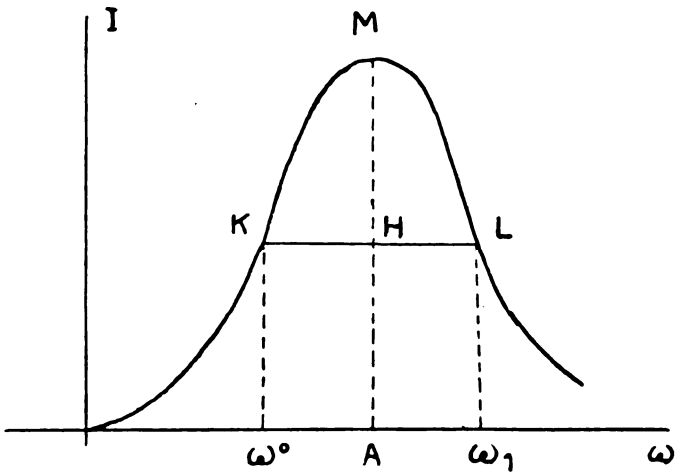


Fig. 2.

est de l'ordre de quelques dizaines d'ohms au maximum, tandis que R_d est de l'ordre de quelques milliers d'ohms, le calcul de l'énergie montre, en prenant par exemple $\frac{R_d}{R_a} = 100$ et $R_d = 1.000$:

$$W = \frac{1}{2}\frac{R_d E^2}{(R_a + R_d)^2} = \text{sensiblement } \frac{1}{2}\frac{R_d E^2}{R_d^2} = \frac{E^2}{2000},$$

c'est-à-dire 1/25 seulement de l'énergie maxima qui pourrait être absorbée et qui est, dans ce cas, égale à $\frac{E^2}{80}$.

2° *Étude de la sélectivité.* — On sait que la valeur de l'intensité développée dans un circuit de self L, de capacité C et de

Digitized by Google

résistance R par une force électromotrice E de pulsation ω est :

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}.$$

Si les caractéristiques du circuit R, L, C restent constantes, et qu'on fasse varier la longueur d'onde d'un poste émetteur, ou sa pulsation ω $\left(\text{définie par : } \omega = 2\pi\frac{V}{\lambda}\right)$, pour une même valeur de la force électromotrice E, l'intensité dans le circuit récepteur est représentée en fonction des variations de ω par la courbe de la figure 2, dont le maximum obtenu pour la résonance du circuit récepteur est égal à :

$$AM = \frac{E}{R} = I_m.$$

Supposons que le récepteur puisse fonctionner tant que l'énergie qu'il reçoit est telle, que le courant qui la lui fournit est supérieur à une fraction donnée de AM, la moitié par exemple, et traçons la droite KL telle que le courant $AH = \frac{1}{2}AM$.

Il correspond aux points K et L des valeurs de pulsation ω_0 et ω_1. Toutes les émissions de même force électromotrice E que l'émission utile, dont la pulsation se trouve dans l'intervalle ω_0—ω_1 sont perçues par le récepteur.

Il y a donc intérêt à ce que cet intervalle soit le plus étroit possible. Déterminons sa valeur.

On a :

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}},$$

équation de la courbe.

Si $I = I_m$, on a la relation : $I_m = \frac{E}{R}$ (résonance).

Si $I = \frac{I_m}{2}$, on aura : $\frac{I_m}{2} = \frac{E}{2R} = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$,

Digitized by Google

ce qui permet de déterminer les deux valeurs de ω :

$$4R^2 = R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2,$$

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = \pm\sqrt{3}R.$$

ω étant forcément positif, on obtient les deux valeurs :

$$\omega = \frac{+3CR + \sqrt{9C^2R^2 + 4CL}}{2CL},$$

$$\omega = \frac{-3CR + \sqrt{9C^2R^2 + 4CL}}{2CL}.$$

Donc la grandeur de l'intervalle $\omega_0 - \omega_1$, est égale à :

$$\omega_1 - \omega_0 = \frac{3R}{L} = 6\frac{R}{2L},$$

$$\omega_1 - \omega_0 = 6\delta.$$

Nous voyons donc que l'on risque d'autant moins d'être gêné par des émissions parasites de longueurs d'onde ou de pulsations voisines de celles de l'émission à recevoir, que la grandeur de l'intervalle $\omega_1 - \omega_0$ pour lequel les émissions sont perceptibles sera plus faible, c'est-à-dire d'autant plus que δ sera plus faible.

Le montage direct en question, indépendamment des inconvénients qu'il présente au point de vue de la mauvaise utilisation de l'énergie, a donc une sélectivité très faible, par suite de la valeur élevée de l'amortissement du circuit équivalent :

$$\delta = \frac{R_a + R_d}{2L}.$$

Ce montage n'est donc pas avantageux. Il faut chercher si, à simplicité de réglage égale, un autre dispositif est susceptible de donner satisfaction. L'étude des circuits couplés va nous donner la solution du problème.

***

Étude des circuits couplés. — Considérons deux circuits (1) et (2) couplés suivant AB, c'est-à-dire tels qu'il existe une

Digitized by Google

relation entre leurs grandeurs électriques, ce couplage étant effectué par l'intermédiaire d'une impédance X, provenant d'une self commune, d'une induction, d'une capacité, etc... (fig. 3).

Soient : $R_1, L_1 C_1$, les caractéristiques du circuit (1) supposé seul ;

R_2, L_2, C_2, les caractéristiques du circuit (2) supposé seul.

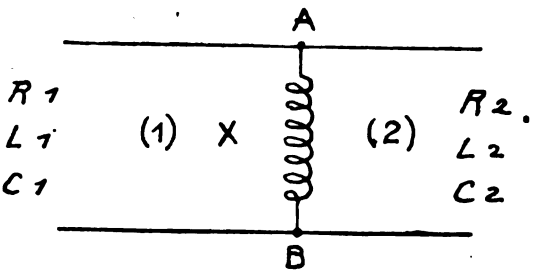


Fig. 3.

Si Z_1 et S_1 sont les impédance et réactance du circuit (1), Z_2 et S_2 sont les impédance et réactance du circuit (2), on a pour une pulsation ω :

$$Z_1=\sqrt{R_1^2+S_1^2}, \text{ avec : } S_1=\left(L_1\omega-\frac{1}{C_1\omega}\right),$$

$$Z_2=\sqrt{R_2^2+S_2^2}, \text{ avec : } S_2=\left(L_2\omega-\frac{1}{C_2\omega}\right).$$

Faisant appel à la notation imaginaire, posons :

$$z_1=R_1+\mathrm{j}S_1,$$
$$z_2=R_2+\mathrm{j}S_2.$$

On sait que :

$$|z_1|=Z_1,$$
$$|z_2|=Z_2.$$

De même, soit x la valeur réelle ou imaginaire de l'impédance de couplage et X son module :

$$|x|=X.$$

Supposons que le circuit (1) soit le siège d'une force électromotrice de pulsation ω et de valeur $e=E\sin\omega t$, développant dans les circuits (1) et (2) les courants i_1 et i_2 de même pulsation et de valeur maxima I_1 et I_2.

Digitized by Google

La loi d'Ohm généralisée permet d'écrire respectivement, entre les grandeurs imaginaires des deux circuits, les deux relations :

$$z_1 i_1 - x i_2 = e, \qquad (1)$$

$$z_2 i_2 - x i_1 = 0. \qquad (2)$$

Ces deux relations permettent de déterminer les valeurs de i_1 et de i_2.

L'équation (2) donne :

$$\frac{i_2}{i_1} = \frac{x}{z_2},$$

qui permet d'écrire, entre les modules de ces diverses quantités, c'est-à-dire les courants maxima I_1 et I_2, l'impédance X de liaison et l'impédance du secondaire Z_2, la relation :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{X}{Z_2}.$$

Posons : $\frac{X}{Z_2} = K$,

on a : $I_2 = K I_1$.

Déterminons les valeurs de i_1 et de i_2.

Les équations (1) et (2) nous donnent :

$$i_1 = e \cdot \frac{z_2}{z_1 z_2 - x^2}, \qquad (3)$$

$$i_2 = e \cdot \frac{x}{z_1 z_2 - x^2}. \qquad (4)$$

Considérons le circuit (1). En l'absence du circuit couplé (2), l'intensité du courant qui le traverse aurait été :

$$i'_1 = \frac{e}{z_1}.$$

La présence du circuit (2) a pour effet de donner à cette intensité la valeur :

$$i_1 = \frac{e}{z_1 - \frac{x^2}{z_2}}.$$

Tout se passe donc comme si le couplage du circuit (2) avait eu pour effet de diminuer l'impédance de ce circuit.

Digitized by Google

L'impédance z_1 devient $z_1 - \frac{x^2}{z_2}$, ou encore $z_1 - \frac{x^2}{z_2^2} z_2$.

Cette grandeur $\frac{x^2}{z_2^2}$ étant imaginaire se compose d'une partie réelle qui représente la variation de la résistance R_1, et d'une partie imaginaire représentant la variation de la réactance S_1.

1° Couplage des circuits par self. — Les selfs sont communes ou séparées (fig. 4).

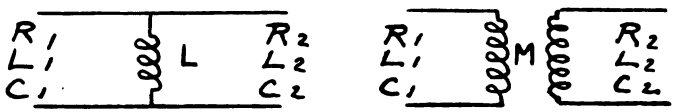


Fig. 4.

Dans le premier cas : $x = j L\omega$.

Dans le second cas : $x = j M\omega$, le premier cas étant d'ailleurs le cas limite du second, quand les selfs égales se confondent.

On a alors (1er cas) : $\frac{x^2}{z_2} = \frac{-L^2\omega^2}{R_2 + jS_2} = \frac{-L^2\omega^2(R_2 - jS_2)}{R_2^2 + S_2^2} =$

$$= \frac{-L^2\omega^2}{Z_2^2} R_2 + j \frac{L^2\omega^2}{Z_2^2} S_2.$$

Comme nous avons posé $\frac{X}{Z_2} = K$, et que, dans le cas présent, $X = L\omega$ (ou $M\omega$ si les selfs sont séparées), on voit que tout se passe dans le primaire comme si l'impédance $z_1 = R_1 + jS_1$ devenait :

$$R_1 + K^2 R_2 + j(S_1 - K^2 S_2), \text{ c'est-à-dire :}$$

comme si la résistance R_1 du circuit primaire était *augmentée* de $K^2 R_2$, et comme si la réactance S_1 du circuit primaire était *diminuée* de $K^2 S_2$, avec $K = \frac{L\omega}{Z_2}$ ne dépendant que des caractéristiques du circuit secondaire et de l'accouplement.

2° Couplage des circuits par capacité. — On serait conduit au même résultat, avec $K = \frac{\frac{1}{C\omega}}{Z_2}$.

3° Couplage par une résistance. — Le même raisonnement

Digitized by Google

montre cette fois qu'en posant $K = \frac{\rho}{Z_2}$, ρ étant la résistance de liaison, tout se passe dans le circuit primaire :
comme si la résistance R_1 devenait $R_1 - K^2 R_2$, c'est-à-dire était *diminuée* de $K^2 R_2$,
et comme si la réactance S_1 devenait $S_1 + K^2 S_2$, c'est-à-dire était *augmentée* de $K^2 S_2$.

* * *

Montage inductif secondaire apériodique. — Mais revenons au cas du couplage par self de deux circuits. Supposons que l'antenne, avec le détecteur aux bornes d'une self, soit accordée

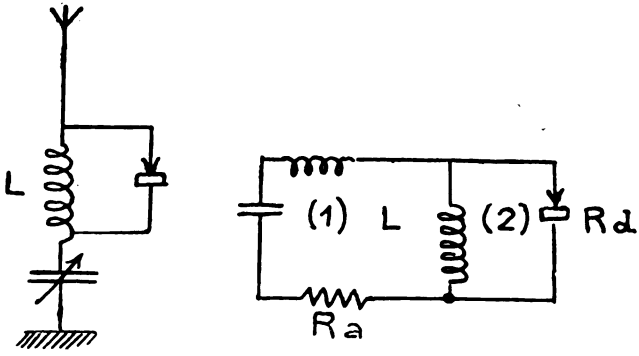


Fig. 5.

sur l'onde à recevoir. Représentons-la par son circuit équivalent (1), le détecteur R_d constituant avec la self L le circuit couplé (2) (fig. 5). Nous avons vu que tout se passait alors comme si la résistance du circuit primaire était augmentée de $K^2 R_d$, et la réactance diminuée de $K^2 S_2$.

La résonance étant rétablie, on aura alors, dans le primaire, une intensité I_1 :

$$I_1 = \frac{E}{R_a + K^2 R_d},$$

(I_1 est l'intensité maxima si E est la force électromotrice maxima),

et dans le secondaire, puisque $I_2 = K I_1$, une intensité :

$$I_2 = \frac{KE}{R_a + K^2 R_d}.$$

Digitized by Google

L'énergie que le détecteur est susceptible d'absorber sera donc :

$$W = \frac{1}{2} R_d I_2^2 = \frac{K^2 R_d E^2}{2(R_a + K^2 R_d)^2} = \frac{E^2}{2\left(\frac{R_a}{K\sqrt{R_d}} + K\sqrt{R_d}\right)^2}.$$

Cette énergie sera maxima si les deux termes du dénominateur sont égaux, pour la même raison que précédemment, c'est-à-dire si :

$$K^2 R_d = R_a,$$

et elle sera égale à :

$$W = \frac{E^2}{8 R_a}.$$

On voit donc que l'utilisation de circuits couplés peut, à condition que le coefficient de couplage K ait la valeur convenable, permettre au détecteur d'absorber l'énergie maxima susceptible d'être livrée par l'antenne.

Suivant la nature du couplage (self unique ou séparée), on a :

$$K^2 = \frac{L^2\omega^2}{Z_2^2}, \text{ ou } \frac{M^2\omega^2}{Z_2^2}, \text{ avec } Z_2^2 = R_d^2 + L^2\omega^2.$$

Comme $K^2 = \frac{R_a}{R_d}$ est de l'ordre de grandeur de 1/100,

on voit que : $\frac{L^2\omega^2}{R_d^2 + L^2\omega^2} = \frac{1}{100}$ = sensiblement $\frac{L^2\omega^2}{R_d^2}$.

Donc : $$\frac{L^2\omega^2}{R_d^2} = \frac{R_a}{R_d},$$

ce qui permet de déterminer la valeur approximative que doit avoir la self L :

$$L\omega = R_a . R_d.$$

En prenant des valeurs de R_a et R_d manifestement élevées ($R_a = 50$; $R_d = 5.000$), on voit que, pour les longueurs d'onde de stations radiotéléphoniques voisines de 300 mètres, pour lesquelles $\omega = 6 \times 10^6$ environ, on a sensiblement : $L = 0^{mH},1$.

Quant à l'amortissement de l'ensemble, qui peut être caractérisé par l'amortissement du circuit (1) modifié conformément à la théorie pour être équivalent à l'ensemble, il passe de

Digitized by Google

la valeur $\delta_a = \frac{R_a}{2 L_a}$ à : $\delta' = \frac{1}{2} \frac{R_a + K^2 R_d}{L_a - K^2 L}$ (si L est la self de couplage), ou :

$$\delta' = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\frac{L_a}{R_a + K^2 R_d} - \frac{K^2 L}{R_a + K^2 R_d}},$$

et, si K a été déterminé sensiblement par la condition $K^2 = \frac{R_a}{R_d}$,

$$\delta' = \frac{2}{\frac{1}{\delta_a} - \frac{1}{\delta_2}}. \quad (\delta_2 = \text{amortissement du circuit secondaire.})$$

Si, comme c'est le cas actuellement, l'amortissement δ_2 du secon-

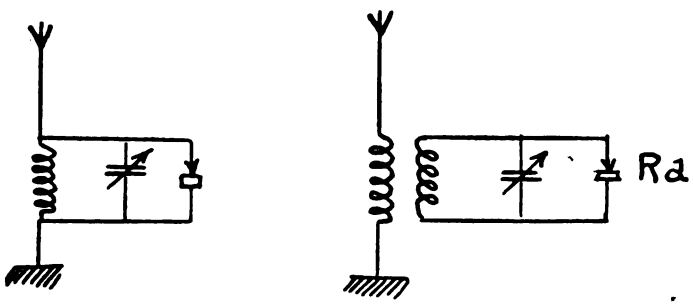


Fig. 6.

daire est grand, on voit que l'amortissement δ' de l'ensemble est le double de l'amortissement δ_a du circuit d'antenne. Il en résulte que la sélectivité d'un tel système est plus faible que celle de l'antenne seule.

Pour l'augmenter il faut diminuer le plus possible l'amortissement du secondaire. Nous obtiendrons ce résultat, comme nous le verrons plus loin, en le transformant, par l'interposition d'un condensateur, en circuit oscillant.

D'ailleurs, la plupart du temps, les antennes de réception ont un développement qui n'est pas suffisant, malgré l'interposition de la self L de $0^{mH},1$, pour permettre de réaliser un accord sur la longueur d'onde de 300 à 350 mètres environ, qui est la longueur d'onde moyenne des postes d'émission. C'est une raison qui s'ajoute à la précédente pour l'adoption d'un montage à circuit secondaire oscillant.

Digitized by Google

Nous sommes donc conduits à envisager l'utilisation d'un montage inductif, à circuit secondaire oscillant.

Deux montages inductifs sont possibles pour la réception avec une antenne donnée (fig. 6) :

un montage à selfs séparées, comportant deux réglages, celui de l'induction mutuelle ou couplage et celui du condensateur secondaire ;

un montage à self unique et à couplage constant, comportant un seul réglage, celui du condensateur secondaire. Nous allons étudier en détail, les caractéristiques de ces deux montages.

* * *

Montage inductif à selfs séparées. — Nous remarquons d'abord que, si nous voulons que le secondaire soit oscillant, il

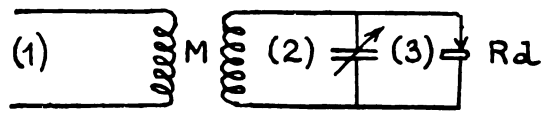


Fig. 7.

est nécessaire de mettre la capacité C_2 en parallèle sur la self. Si on l'intercalait simplement dans le circuit de la self et du détecteur, la résistance de ce dernier étant grande, l'amortissement de l'ensemble resterait considérable, et le circuit ne serait pas oscillant.

On est donc ramené au cas de la figure 7, dans lequel nous avons affaire en réalité à trois circuits couplés, le circuit (1) équivalent à l'antenne, le circuit (2) ou circuit couplé, et le circuit (3) de détection.

D'après ce que nous avons dit précédemment, l'ensemble des circuits (2) et (3) est équivalent à un circuit unique (2′) dans lequel la résistance serait augmentée de $K^2 R_d$, R_d étant la résistance du détecteur, et la réactance diminuée de $K^2 S_3$.

Appelons R_2 et S_2 les résistance et réactance ainsi modifiées du circuit (2′), que nous continuons à appeler (2). Soient encore z_1, z_2, x, les grandeurs réelles ou imaginaires représentant les

Digitized by Google

impédances des circuits et l'impédance de couplage, et Z_1, Z_2, X les modules de ces quantités ou les grandeurs des vecteurs représentatifs.

Soit à recevoir une émission sur une onde de pulsation ω, l'ensemble des deux circuits étant dans une position caractérisée par le coefficient d'induction mutuelle M.

Montrons que, par la seule modification de la réactance du circuit (2) et en l'occurrence de la capacité C_2, on peut obtenir un accord, caractérisé par un maximum du courant secondaire I_2.

Évaluons ce courant. Nous avons vu que la loi d'Ohm généralisée permettait d'écrire entre grandeurs imaginaires l'équation représentant l'intensité du courant i_2 :

$$i_2 = \frac{e\,x}{z_1 z_2 - x^2} = e\,\frac{1}{\dfrac{z_1 z_2}{x} - x},$$

ce qui permet d'écrire entre les modules la relation :

$$|i_2| = \frac{|e|}{\left|\dfrac{z_1 z_2}{x} - x\right|},$$

c'est-à-dire :

$$(1) \qquad I_2 = \frac{E}{\left|\dfrac{z_1 z_2}{x} - x\right|}.$$

Le courant I_2 sera donc maximum quand le module du dénominateur sera minimum.

Comme $x = \mathrm{j}\,M\omega$, on a :

$$\left|\frac{z_1 z_2}{\mathrm{j}\,M\omega} - \mathrm{j}\,M\omega\right| = \left|\frac{z_1 z_2}{M\omega} + M\omega\right|;$$

or :

$$z_1 = Z_1 . e^{\mathrm{j}\varphi}, \quad \text{avec} \quad \operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{S_1}{R_1},$$

$$z_2 = Z_2 . e^{\mathrm{j}\varphi_2}, \quad \text{avec} \quad \operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{S_2}{R_2}.$$

Donc :

$$|\textit{dénom.}| = \left|\frac{Z_1 Z_2}{M\omega}\, e^{\mathrm{j}(\varphi_1+\varphi_2)} + M\omega\right|.$$

Digitized by Google

Déterminons géométriquement cette grandeur. Soit $AN = M\omega$ (fig. 8). Traçons, à partir de N, la droite NH faisant l'angle φ_1 avec AN, et la droite NI faisant l'angle φ_2 avec NH. Portons sur NH le vecteur ND tel que $ND = \frac{Z_1 R_2}{M\omega}$, et élevons la perpendiculaire DE.

Le vecteur DE est égal à : $DE = \frac{Z_1 S_2}{M\omega}$; et le vecteur NE

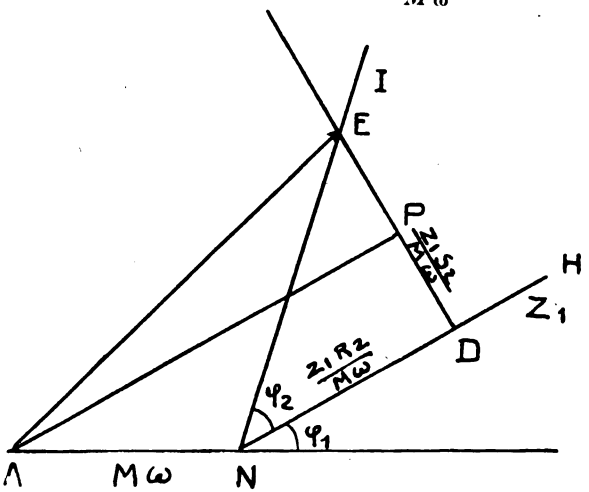


Fig. 8.

représente en grandeur et direction le vecteur $\frac{Z_1 Z_2}{M\omega}$, l'angle qu'il fait avec $M\omega$ étant égal à $\varphi_1 + \varphi_2$.

Donc AE représente le module du dénominateur de l'équation (1).

Nous voyons que l'intensité passe, par un maximum quand AE sera confondu avec AP, perpendiculaire à DE, et que cela peut s'obtenir en faisant varier DE, c'est-à-dire la réactance S_2, par des variations de la capacité C_2.

Quand ce maximum d'intensité sera atteint, on aura :

$$\frac{Z_1 S_2}{M\omega} = DP = M\omega \sin \varphi_1, \text{ avec } \sin \varphi_1 = \frac{S_1}{Z_1},$$

$$\frac{Z_1 S_2}{M\omega} = M\omega \frac{S_1}{Z_1},$$

c'est-à-dire : $$\frac{M^2\omega^2}{Z_1^2} = \frac{S_2}{S_1}. \qquad (2)$$

Digitized by Google

Mais ce moyen n'est pas le seul qui permette d'obtenir le maximum d'intensité secondaire, c'est-à-dire en quelque sorte un phénomène analogue à la résonance.

Supposons qu'ayant obtenu, ainsi que nous l'avons indiqué, le maximum de courant secondaire correspondant à la valeur de M donnée, c'est-à-dire au degré de couplage considéré, nous fassions varier ce couplage. Nous pouvons obtenir, pour le courant secondaire, un nouveau renforcement d'intensité.

La figure montre en effet que :

$$\text{AP} = \text{proj. } M\omega + \text{ND} = M\omega \cos \varphi_1 + \frac{Z_1}{M\omega} R_2 = M\omega \frac{R_1}{Z_1} + \frac{Z_1}{M\omega} R_2.$$

On voit donc que AP est la somme de deux quantités dont le produit est constant et égal à $R_1 R_2$. AP sera donc minimum quand les deux quantités seront égales, c'est-à-dire quand on aura :

$$M\omega \frac{R_1}{Z_1} = \frac{Z_1}{M\omega} R_2,$$

$$\frac{M^2\omega^2}{Z_1^2} = \frac{R_2}{R_1}. \qquad (3)$$

Or l'équation (2) nous montre que déjà $\frac{M^2\omega^2}{Z_1^2} = \frac{S_2}{S_1}$.

On en déduit :

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\sqrt{R_2^2 + S_2^2}}{\sqrt{R_1^2 + S_1^2}} = \frac{Z_2}{Z_1}.$$

Par suite, comme $\text{tg } \varphi_2 = \text{tg } \varphi_1$, on a :

$$\varphi_2 = \varphi_1,$$

et la valeur de $M^2\omega^2$ est donnée par l'expression :

$$\frac{M^2\omega^2}{Z_1^2} = \frac{Z_2}{Z_1},$$

$$M^2\omega^2 = Z_1 Z_2.$$

La valeur du dénominateur est alors :

$$\text{AP} = 2M\omega \frac{R_1}{Z_1} = 2\sqrt{Z_1 Z_2} \frac{R_1}{Z_1} = 2\sqrt{R_1 R_2}.$$

Donc la valeur de l'énergie absorbée dans la secondaire est :

$$\frac{1}{2} R_2 I_2^2 = \frac{E^2 R_2}{8 R_1 R_2} = \frac{E^2}{8 R_1}.$$

Digitized by Google

C'est précisément l'énergie maxima susceptible d'être prise à l'antenne.

Si la résistance R_2 se réduit à la résistance du détecteur ramenée dans le circuit (2), c'est-à-dire si le circuit (2) lui-même est très peu résistant, on voit qu'on fournit au détecteur le maximum d'énergie que peut livrer l'antenne.

Conclusion. — Le réglage d'un montage inductif à self séparées comprend donc :

1° le réglage de la capacité (ou de la self) secondaire de manière à obtenir un maximum d'intensité ;

2° le réglage du couplage, de manière à obtenir un nouveau maximum de courant.

Quand ce réglage est effectué, on a :

$$M^2\omega^2 = Z_1 Z_2, \qquad \text{avec } \varphi_1 = \varphi_2.$$

L'énergie fournie au circuit secondaire est alors l'énergie maxima que peut céder l'antenne.

* * *

Montage inductif à self unique. — Le montage représenté sur la figure 9 ne diffère du précédent qu'en ce que l'accouple-

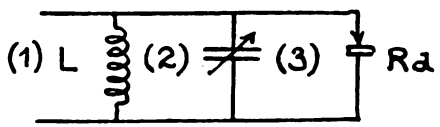


Fig. 9.

ment $M\omega$ variable est remplacé par un accouplement fixe $L\omega$.

Il en résulte que, si, par les mêmes conventions que précédemment, nous supposons l'ensemble des circuits (2) et (3) remplacés par le circuit unique (2) équivalent, où se trouverait en particulier ramenée la résistance $K^2 R_d$ équivalente à celle du détecteur, nous pouvons faire, pour chercher le maximum de l'intensité I_2, une construction analogue à celle de la figure 8, dans laquelle $M\omega$ serait remplacé par $L\omega$.

On obtient comme précédemment un maximum du courant secondaire I_2 quand AH est parallèle à Z_1, c'est-à-dire quand, à

Digitized by Google

la suite d'un réglage de la capacité C_2, on a amené la réactance S_2 à la valeur :

$$(1) \qquad S_2 = \frac{L^2\omega^2}{Z_1^2} S_1.$$

Pour que le maximum de ce courant I_2 soit égal à celui que permet d'obtenir le montage inductif à selfs séparées, il faut pouvoir, comme précédemment, pour une onde de pulsation ω, avoir la relation :

$$L^2\omega^2 = Z_1 . Z_2,$$

ce qui entraîne :

$$\varphi_1 = \varphi_2.$$

On peut donc, si (comme c'est le cas dans la réception par poste à galène) l'onde à recevoir est bien déterminée et caractérisée par sa pulsation ω ($\omega = 6 \times 10^6$ environ au voisinage de $\lambda = 300$ mètres), et si le montage est destiné à fonctionner sur des antennes de type courant dont les caractéristiques sont voisines, déterminer une valeur de L susceptible de procurer un courant secondaire sensiblement égal à celui qu'on aurait pour un montage à selfs séparées réglé au maximum d'intensité.

Pour les antennes qui s'écartent un peu de l'antenne type, on aura il est vrai une intensité maxima un peu plus faible que l'intensité théorique donnée par le montage précédent, mais cet inconvénient est compensé par la facilité de réglage que confère ce montage (réglage du condensateur seulement). Si l'on songe d'autre part que les pertes diverses d'énergie sont plus accusées dans le montage à selfs séparées, on se rend compte que la complexité des réglages de ce dispositif n'est compensée que par des avantages plus théoriques que réels, dans le cas de la réception d'une onde unique.

Dans le cas même où une installation à lampes devrait être susceptible de recevoir des émissions de longueurs d'onde diverses, comme, grâce à l'emploi judicieux de la réaction, l'effet de légères différences d'énergie reçue peut être rendu insensible, on aurait encore intérêt à utiliser comme dispositif d'accord le même montage, s'il n'était pas nécessaire de recourir à une sélectivité trop grande.

Digitized by Google

Adaptation du montage inductif à self unique à certaines antennes spéciales. — Il peut arriver, dans certains cas, que l'antenne réceptrice s'écarte du type normal, par suite de certaines particularités (grandes dimensions, voisinage de masses métalliques, etc...), et que l'accord ne puisse pas être réalisé sur la longueur d'onde à recevoir.

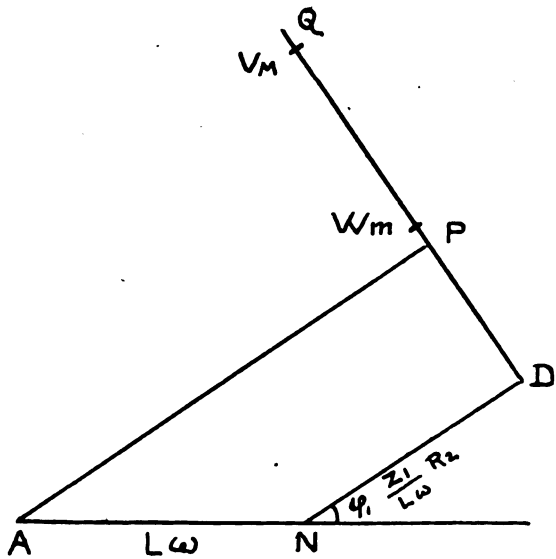


Fig. 10.

Cherchons dans quelles conditions peuvent se présenter ces inconvénients, et comment y remédier.

Considérons encore le graphique de la figure 10.

Soit AN $= L\omega$, ND $= \frac{Z_1}{L\omega} R_2$, et DQ la perpendiculaire à ND.

Soit S_2 la réactance du secondaire : $S_2 = L\omega - \frac{1}{C_2\omega}$.

Soient C_M et C_m les valeurs maxima et minima de la capacité variable du secondaire. Il leur correspond, pour une onde de pulsation ω, les valeurs de la réactance :

$$S_M = L\omega - \frac{1}{C_M\omega} \quad \text{et :} \quad S_m = L\omega - \frac{1}{C_m\omega},$$

Digitized by Google

et sur le graphique les points V_M et W_m, tels que

$$DV_M = \frac{Z_1}{L\omega} S_M, \text{ et } DW_m = \frac{Z_1}{L\omega} S_m.$$

Pour que, par des variations de capacité C, on puisse obtenir un accord, c'est-à-dire un maximum d'intensité secondaire, il faut que V_M et W_m se trouvent de part et d'autre de P, pied de la perpendiculaire abaissée de A sur DQ. Il faut donc que l'on ait :

$$DV_M > DP > DW_m,$$

$$\frac{Z_1}{L\omega} S_M > L\omega \frac{S_1}{Z_1} > \frac{Z_1}{L\omega} S_m,$$

c'est-à-dire :

$$\frac{L^2\omega^2}{S_M} < \frac{Z_1^2}{S_1} < \frac{L^2\omega^2}{S_m}.$$

Il en résulte que l'onde la plus longue qu'une installation donnée permet de recevoir est caractérisée par la première inégalité, tandis que l'onde la plus courte est définie par la deuxième inégalité.

Les ondes que l'on a à recevoir étant assez courtes (de l'ordre de $\lambda = 300$ mètres), les difficultés rencontrées parfois dans la réalisation de l'accord proviennent du fait que les caractéristiques de certaines antennes établies dans des conditions très particulières ne permettent pas de régler l'ensemble sur une longueur d'onde assez basse pour recevoir le poste désiré.

Ce cas peut se produire pour les antennes à grand développement, du type de celles qu'on a tendance à construire à la campagne, pour des antennes constituées par un fil de lumière, une canalisation, pour les antennes à grande capacité terminale, montées sur une toiture métallique, etc...

Toutes ces antennes ont un fondamental élevé, et tout se passe comme si le circuit équivalent avait une forte self et une forte capacité.

Digitized by Google

L'expression $\frac{Z_1^2}{S_1}$ est égale à :

$$\frac{R_1^2}{S_1} + S_1 = \frac{R_1^2}{\left(L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega}\right)} + \left(L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega}\right).$$

Cette expression, dans laquelle $L_1\omega$ est déjà supérieur à $L\omega$ puisque l'inductance de liaison $L\omega$ avec le secondaire est déjà insérée dans la bas de l'antenne, peut être élevée, surtout si C_1 est grand, et l'inégalité :

$$\frac{R_1^2}{\left(L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega}\right)} + \left(L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega}\right) < \frac{L^2\omega^2}{S_m}$$

peut ne pas être vérifiée, l'un des deux termes du premier membre étant trop grand.

Aucun accord n'est alors possible, mais on peut y remédier en disposant en série, dans la base de l'antenne, un petit condensateur.

Quand les deux termes sont positifs (le seul cas où l'inégalité peut ne pas être vérifiée), le premier membre est la somme de deux termes dont le produit est constant. Le produit est minimum et égal à R_1^2 quand les deux termes sont égaux. La somme est alors égale à $2\,R_1$, c'est-à-dire faible.

Il en résulte que, si c'est le second terme qui est trop grand pour que l'inégalité soit vérifiée, l'interposition d'un condensateur de faible capacité diminue ce terme et rapproche le premier membre de l'inégalité de la valeur $2\,R_1$.

Si c'est le premier terme qui est trop grand, c'est que $L_1\omega - \frac{1}{C_1\omega}$ est petit. L'interposition du condensateur en série a alors pour effet, diminuant la valeur de C_1, de rendre ce terme < 0 c'est-à-dire $CL\omega^2 < 1$, donc le fondamental du circuit équivalent plus petit que l'onde à recevoir.

L'inégalité est alors satisfaite, et l'accord peut être réalisé.

Digitized by Google

*
* *

La conclusion de cette étude est que, en ce qui concerne les postes à galène (ou les circuits d'accord de postes à lampes dont la sélectivité n'a pas besoin d'être poussée à l'extrême), le montage du type inductif à self de liaison unique est à recommander comme réunissant au mieux les qualités de simplicité et de rendement qui doivent être requises d'un bon appareil récepteur.

C'est le montage auquel s'est arrêté le Service de la radiodiffusion pour l'établissement de ses appareils types.

Nous verrons ultérieurement avec quelle facilité peuvent être exécutés ces dispositifs récepteurs.

Digitized by Google

ENREGISTREUR AUTOMATIQUE DE SIGNAUX MORSE EN LANGAGE CLAIR.

Le Service de la télégraphie sans fil de l'administration française poursuit des essais, couronnés de succès, sur diverses lignes radio-électriques internationales, pour recevoir en caractères d'imprimerie les radiotélégrammes, qui lui sont expédiés en code Morse. Il peut recevoir de même les télégrammes émis avec le code de signaux + et — de la télégraphie sous-marine. Les appareils utilisés sont ceux de M. Pénot. Le moment n'est pas encore venu de faire connaître les détails des appareils qui sont actuellement en fonctionnement. Cependant les télégraphistes de l'administration des Postes et Télégraphes liront sans doute avec plaisir quelques-uns des traits les plus saillants de la spécification que nous avons extraits du brevet français.

L'appareil Pénot est un enregistreur automatique de signaux Morse en langage clair, applicable à toutes sortes de signalisation et notamment à la télégraphie sans fil. Cet appareil est tel qu'il permet l'enregistrement aux vitesses les plus rapides utilisées actuellement dans les stations émettrices de télégraphie sans fil à grand trafic.

Il se compose essentiellement d'un régulateur, réglé sur la vitesse de manipulation de la station émettrice ; d'un distributeur, triant les brèves et les longues des signaux Morse ; et enfin d'une machine à écrire commandée électriquement par ledit distributeur et inscrivant sur une bande les lettres correspondant aux signaux Morse reçus.

Les figures ci-jointes représentent, à titre d'exemple, un mode de réalisation des divers organes constituant l'appareil.

Régulateur. — Le régulateur est constitué schématiquement par les organes suivants (fig. 1) :

Digitized by Google

1° Un moteur électrique *1*, accouplé à un axe XX', actionne un galet 2.

2° Une pièce à ancre *3*, articulée en *4* et terminée par une

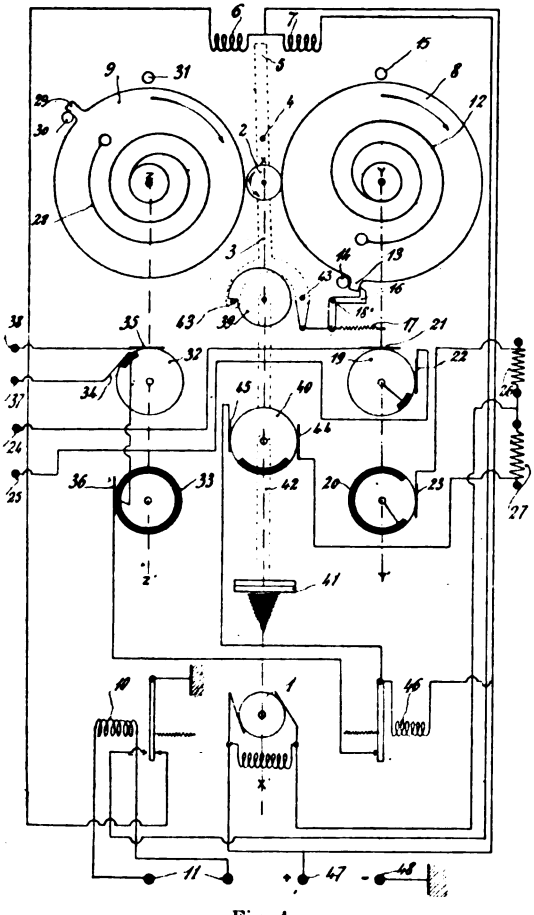


Fig. 1.

palette *5* située dans le champ magnétique de deux électro-aimants *6* et *7*, fait entrer en friction le galet *2* au repos avec un disque *8* et à chaque signal avec un disque *9*.

3° Un relais *10*, actionné par le dispositif de réception des signaux connecté aux bornes *11* et commandant les électro-aimants *6* et *7*.

Digitized by Google

4° Le disque 8, tournant vers l'axe YY' sur lequel il est monté, est constamment rappelé par un ressort spiral *12* dans une position initiale au moyen d'un téton *13* venant buter contre un ergot fixe *15*. En sens inverse, par la friction du galet *2*, le téton *13* est ramené contre une butée *14* et s'y trouve bloqué (position au repos) au moyen d'un cliquet *16* avec un ressort de rappel *17*, commandé par la pièce à ancre *3* qui le fait pivoter en *18*. Le disque *8* entraîne dans son mouvement deux collecteurs *19* et *20* montés sur l'axe YY'. Le collecteur *19*, connecté à la masse de l'appareil, coopère avec deux balais *21* et *22* ; et le collecteur *20*, également connecté à la masse, coopère avec un seul balai *23*. A chaque repos, qui équivaut à un intervalle entre les signaux, le disque *8* tourne d'un angle proportionné au temps de friction du galet *2*, donc proportionné au temps de l'intervalle. Le collecteur *19* ferme le circuit par les balais *21* et *22* respectivement sur une borne *24* pour un intervalle de deux lettres (impression du caractère trié et débloquage du distributeur) et sur une borne *25* pour l'intervalle entre deux mots (espacement). Le collecteur *20* commande le moteur *1* dont le circuit comporte en série une résistance *26* pouvant être shuntée par une seconde résistance *27*. Ce circuit est ouvert lorsqu'une transmission est terminée.

5° Le disque *9*, tournant avec l'axe ZZ' sur lequel il est monté, est également rappelé par un ressort spiral *28* dans une position initiale au moyen d'un téton *29* venant buter contre un ergot fixe *30*. En sens inverse, par la friction du galet *2*, le déplacement du disque 9 est limité par une autre butée *31*. Ce disque entraîne dans son mouvement deux collecteurs *32* et *33* montés sur l'axe ZZ'. Le collecteur *32* coopère avec deux balais *34* et *35*, et le collecteur *33* avec un balai unique *36* ; ces collecteurs ont leurs parties conductrices reliées électriquement. Le disque *9* et par suite les collecteurs *32* et *33* tournent à chaque signal d'un angle proportionné au temps de friction du galet *2*. Pour un signal bref, le collecteur *32* ne se déplace que peu et dérive, par son balai *34*, sur une borne *37* (borne des signaux brefs), un courant venant du collecteur *33* ; pour un signal

Digitized by Google

long, ce collecteur tourne d'un angle plus grand et dérive, par son balai *35*, sur une borne *38* (borne des signaux longs), le courant venant du collecteur *33*.

6° Un ensemble comprenant une came de butée *39*, un collecteur *40* et un embrayage *41* dont le plateau moteur est constamment entraîné par l'axe XX'. Cet ensemble est monté sur un arbre creux *42* tournant sur l'axe XX' et peut être immobilisé dans deux positions diamétrales par la pièce à ancre *3* qui porte à cet effet, à ses deux extrémités, un ergot de butée *43* sur lequel vient se bloquer la came *39*. Au début de chaque signal, cet ensemble est libéré par la pièce à ancre *3* et fait un demi-tour ; le collecteur *40*, connecté à la masse de l'appareil, met par suite, par son balai *44*, la résistance *27* en dérivation aux bornes de la résistance *26* et fait ainsi accroître la vitesse du moteur *1*. Le signal terminé, il achève son tour et le collecteur *40* ferme par son balai *45*, sur le collecteur *33*, un courant qui est dérivé par le collecteur *32* sur la borne des signaux brefs *37* ou sur la borne des signaux longs *38* suivant la position du disque *9*.

7° Un rupteur *16*, branché entre les collecteurs *40* et *33*, ne laisse passer par les bornes *37* et *36* qu'un courant d'une durée limitée et d'une valeur constante nécessaire au bon fonctionnement du distributeur.

Le régulateur ainsi constitué est alimenté par une source électrique dont le pôle positif est connecté à la borne *47* et le pôle négatif à la borne *48*, laquelle est reliée à la masse de l'appareil en vue de simplifier les connexions. Les collecteurs *40*, *19* et *20*, comme il a été indiqué précédemment, sont, par suite, également connectés à la masse.

Distributeur. — Le distributeur est du type de celui qui est décrit dans le brevet français n° 507.129, c'est-à-dire constitué essentiellement de plusieurs groupes de pièces pivotantes, munies de contacts coopérant avec des plots fixes et commandés successivement par le régulateur au moyen d'électro-aimants, de façon à sélectionner les signaux brefs et longs.

Digitized by Google

Chaque groupe comprend deux pièces pivotantes, correspondant l'une aux signaux brefs, l'autre aux signaux longs

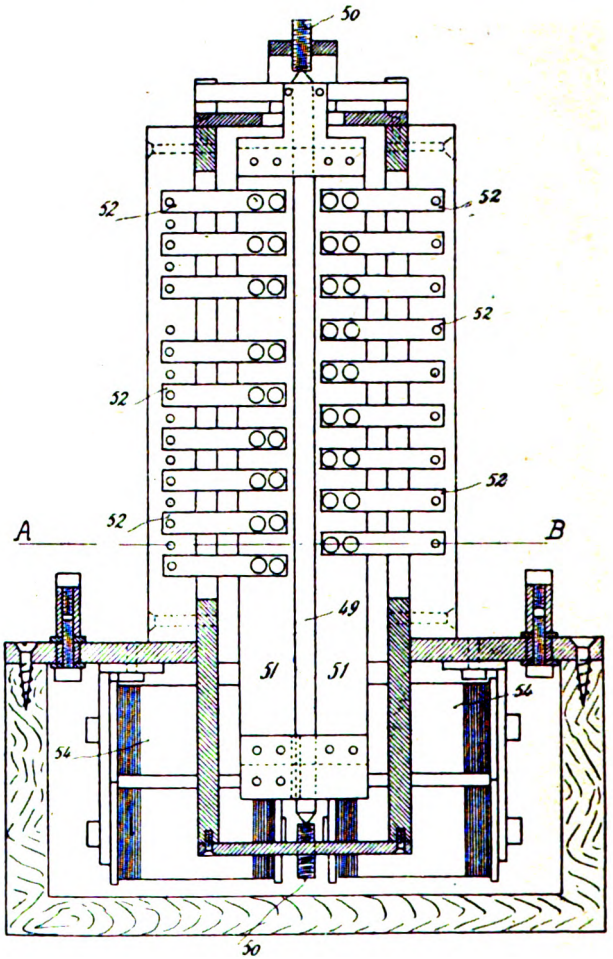


Fig. 2.

de l'alphabet Morse. Ces pièces pivotantes étant identiques, il suffit de décrire l'une d'elles.

Chaque pièce pivotante est formée essentiellement (fig. 2, 3, 4) d'un axe *49* pivotant entre deux pivots *50*. Cet axe comporte, fixées sur lui, deux plaques *51*, sur lesquelles sont fixées, perpendiculairement à l'axe, des palettes-ressort *52* munies de

Digitized by Google

contacts, lesquels, lors du pivotage de l'axe *49*, viennent en

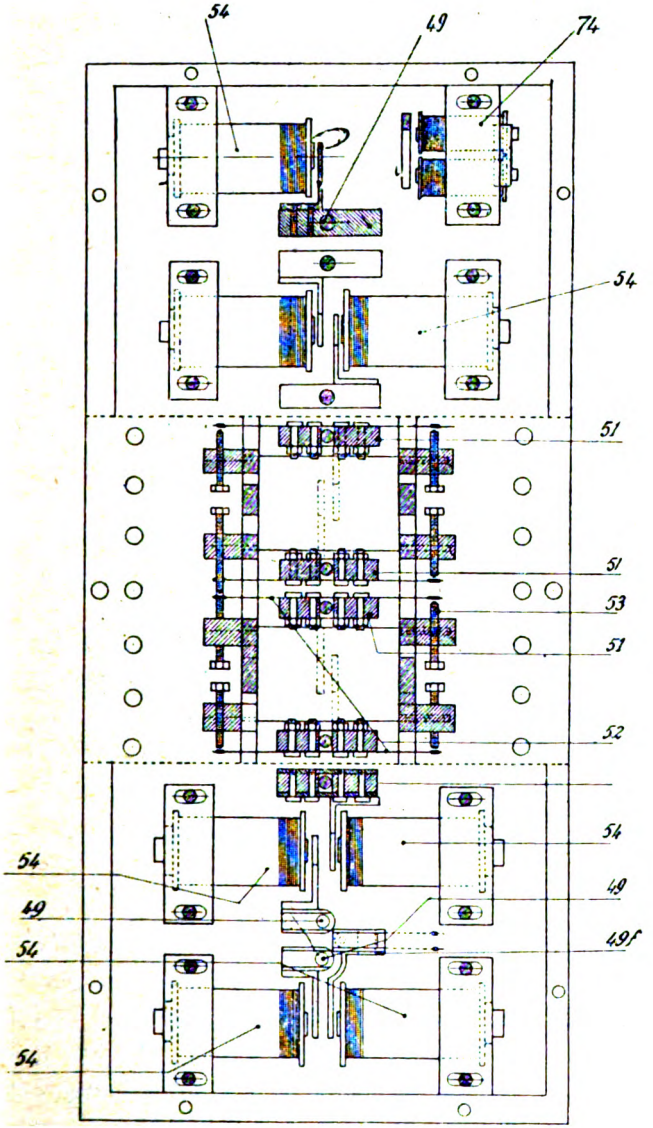


Fig. 3.

contact avec des plots fixes *53* connectés aux circuits des différentes lettres. En outre, des palettes supplémentaires agissent

Digitized by Google

de façon inverse, étant disposées à cet effet de telle sorte qu'elles soient en contact avec des plots fixes correspondants lorsque l'axe *49* est à sa position de repos, tandis qu'elles coupent des circuits convenables lors du pivotage dudit axe *49*. Ce pivotage de l'axe *49* est obtenu au moyen d'un électro-aimant *54* recevant son courant d'alimentation du régulateur par les bornes des signaux brefs *37* et des signaux longs *38*, qui sont connectés repectivement aux bornes *55* et *56* du distributeur.

Plusieurs groupes d'axes pivotants ainsi établis et commandés forment le distributeur. Le nombre de ces groupes peut varier suivant les besoins. Dans le mode de réalisation représenté à titre d'exemple sur les figures ci-jointes, ce nombre est de cinq.

Le premier groupe comprend deux axes *49*, correspondant aux signaux brefs et longs qui sont désignés pour plus de commodité par 49^a (bref) et 49^a (long), ou, en se servant des deux sortes de signaux Morse, 49^a (.) et 49^a (—). Les électro-aimants de commande de ces axes, par analogie, sont désignés par 54^a (bref) et (long) ou 54^a (.) et 54^a (—).

Le second groupe comporte les axes 49^b (bref) et 49^b (long), commandés par les électro-aimants 54^b (bref) et 54^b (long).

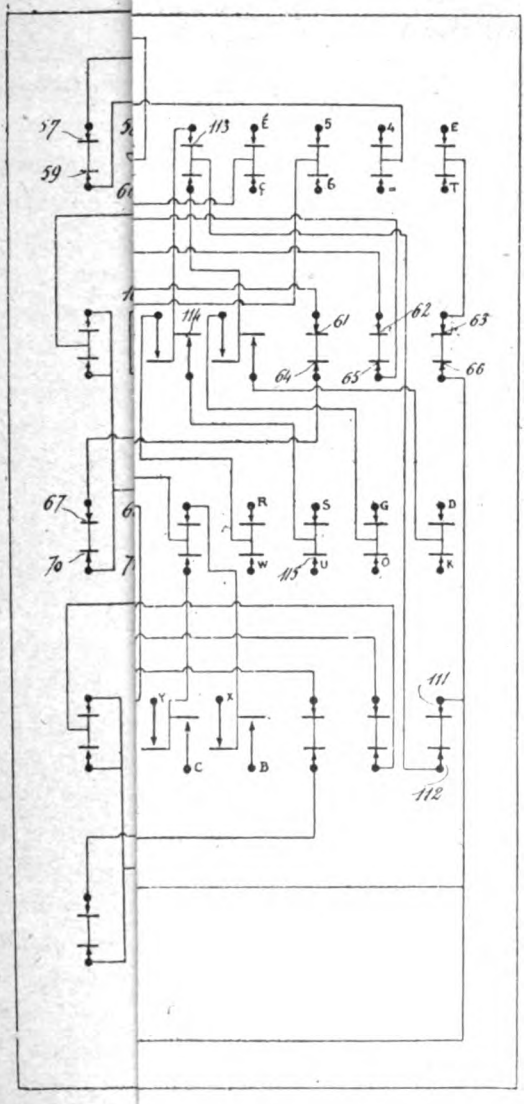
Le troisième groupe comporte les axes 49^c (bref) et 49^c (long) commandés par les électro-aimants 54^c (bref) et 54^c (long).

Le quatrième, cinquième, etc., groupe comporte des éléments désignés de façon analogue, avec comme indice les lettres e, d, f, etc...

Un sixième axe 49^f joue un rôle particulier : il est actionné aussi bien par les signaux brefs que par les signaux longs et permet le débloquage du distributeur lorsque la transmission n'est pas convenablement faite. La machine à écrire, dont il est parlé plus loin, laisse par suite en blanc les lettres brouillées. C'est le cas, par exemple, lorsque se produit une erreur de transmission ou bien lorsque des parasites troublent les relais.

Au repos, les axes 49^a du premier groupe ont leurs coupures respectives *57*, *58* et *59*, *60* fermées. Également au repos, les axes 49^b du second groupe ont leurs coupures respectives *61*,

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

62, *63* et *64*, *65*, *66* fermées. De même, les axes *49*[c] du troisième groupe ferment au repos les coupures *67*, *68*, *69* et *70*, *71*, *72*, etc...

Chacun des électro-aimants *54*, après avoir fait pivoter l'axe *49* correspondant, bloque automatiquement ledit axe dans sa position de travail au moyen d'une fermeture appropriée.

Le distributeur est ramené au repos, après le passage de chaque lettre, au moyen d'un rupteur *73* commandé par un électro-aimant *74* qui débloque de leur position de travail les axes pivotants ayant servi au tri des signaux. Cet électro-aimant *74* est mis en circuit au moment voulu par le régulateur, et, à cet effet, la borne *75* du distributeur est connectée à la borne *24* du régulateur, laquelle correspond aux intervalles entre les lettres.

De même, la borne *76* du distributeur est connectée à la borne *25* du régulateur, laquelle correspond aux intervalles entre les mots (espacement).

Enfin la source locale est connectée aux bornes *77* (positif) et *78* (négatif).

Au premier signal reçu par le relais *10*, le régulateur envoie au premier groupe du distributeur un courant qui traverse celui des électro-aimants *54* qui commande l'axe des signaux correspondants au signal reçu. Cet axe, par suite, ferme une première coupure dans chaque circuit des lettres, chiffres ou signaux commençant par le signal reçu. Par exemple, si le premier signal reçu est un signal bref, le régulateur enverra au premier groupe dudit distributeur un courant qui traversera l'électro-aimant *54*[a] (.) commandant l'axe des signaux brefs. Au deuxième signal reçu par le relais *10*, le régulateur envoie un courant au deuxième groupe du distributeur, lequel ferme alors une seconde coupure dans chaque circuit des lettres, chiffres ou signaux ayant comme second signal le signal reçu et ouvre le circuit des lettres ne comportant qu'un signal.

Si le régulateur envoie un troisième, quatrième et cinquième signal, etc..., le distributeur ferme successivement, par ses troisième, quatrième, cinquième groupe, etc..., les troisième,

Digitized by Google

quatrième, cinquième coupures du circuit des lettres, chiffres ou signaux comportant le nombre de signaux envisagés et ayant comme troisième, quatrième, cinquième signal le signal reçu. A la réception d'un signal supplémentaire envoyé par le régulateur, le distributeur ouvre le circuit des lettres, chiffres ou signaux dont toutes les coupures sont fermées.

Le fonctionnement de ce distributeur sera d'ailleurs mieux compris par la description suivante relative aü fonctionnement de l'ensemble de l'appareil suivant l'invention.

Machine à écrire. — La machine à écrire est commandée électriquement par le distributeur ci-dessus et est constituée schématiquement par les organes suivants (fig. 5) :

1° Une roue *79*, mobile autour d'un axe *80*, portant sur sa périphérie les caractères *81*, *82*, *83*, etc..., est constamment en contact avec un rouleau encreur *84* et est accouplée par un embrayage à friction avec un moteur électrique *85* constamment en mouvement.

2° Un cylindre d'impression *86*, entraînant dans son mouvement de rotation une bande de papier *87* et susceptible en outre d'être projeté automatiquement au moment voulu contre la roue des caractères *79* de telle sorte que la lettre désirée soit imprimée sur la bande de papier 87.

3° Un cylindre fixe *88* concentrique à la roue des caractères et portant sur sa périphérie des goujons *89*, *90*, *91*... mobiles dans une direction radiale et en nombre égal à celui des caractères. Ces goujons s'enfoncent sous l'action des électro-aimants respectifs 89^a, 90^a, 91^a... recevant leur courant par les bornes *92*, *93*, *94*..., qui sont reliées à chacun des circuits de lettres du distributeur. Dans ces conditions, ce dernier envoie un courant dans celui des électro-aimants 89^a, 90^a, 91^a qui correspond à la lettre triée, et le goujon voulu est enfoncé.

4° Un chariot *95*, calé sur l'arbre de la roue des caractères *79*, et qui, par suite, en venant buter contre le goujon enfoncé, immobilise ladite route *79* et ferme par le contact *96* le circuit d'un électro-aimant *97*, qui commande le mouvement de frappe du cylindre d'impression *86* contre le caractère voulu.

Digitized by Google

5° Un électro-aimant de frappe *97*, dont l'armature mobile *98*, pivotant en *99* avec ressort de rappel *100*, coopère avec une roue à rochets *101* solidaire du cylindre d'impression *86* pour projeter ce dernier contre la roue des caractères *79*, laquelle, à ce moment présente la lettre qui doit être imprimée. Cet électro-

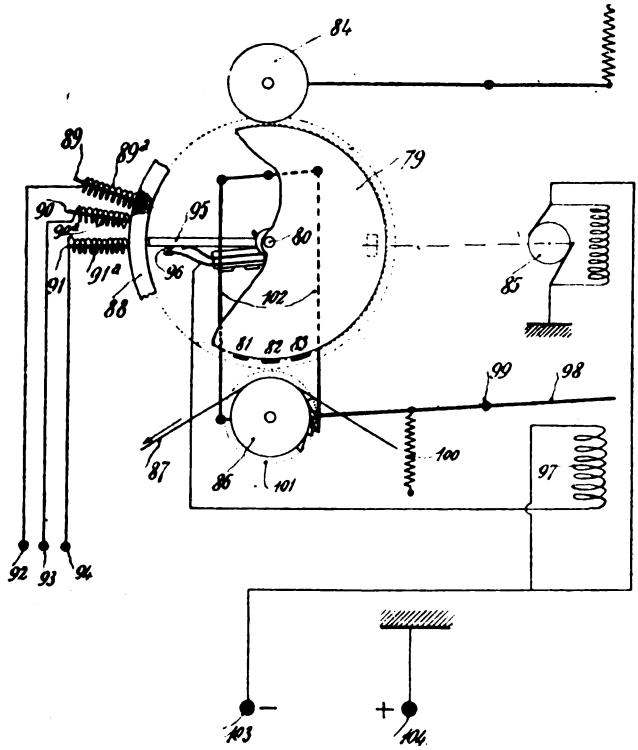


Fig. 5.

aimant, après l'impression de la lettre, ramène à sa position primitive, par un jeu de bielles convenable (non représenté sur le dessin), le goujon préalablement enfoncé ; le chariot *95* et la roue des caractères se trouvent ainsi libérés. Un autre jeu de bielles *102* sert à faire avancer la roue à rochets à chaque impression.

Cette machine à écrire est alimentée par la source locale de l'installation, connectée aux bornes *103* (négatif) et *104* (positif).

Digitized by Google

Fonctionnement de l'enregistreur automatique. — Pour donner une explication claire du rôle joué par les trois appareils décrits ci-dessus qui constituent l'enregistreur automatique Pénot, le fonctionnement de l'ensemble va être décrit ci-dessous pour la réception d'une lettre, par exemple la lettre U, qui se traduit en alphabet Morse pour deux signaux brefs suivis d'un signal long (..—).

A la réception du signal bref, le dispositif récepteur connecté aux bornes *11* du régulateur actionne le relais *10*, lequel ouvre le circuit de l'électro-aimant *6* et ferme le courant local sur l'électro-aimant *7*. Ce dernier attire la palette *5* de la pièce à ancre *3* qui, dans un mouvement vers la gauche, débloque le disque *8* ainsi que l'ensemble formé par la came *39*, le collecteur *40* et l'embrayage *41*, et fait entrer le galet *2* en friction avec le disque *9*.

Le disque *8*, sollicité par son ressort *12*, tourne autour de son axe en entraînant les collecteurs *19* et *20*, pour venir buter en *15* dans sa position initiale. Le collecteur *20*, dans son mouvement, ferme, par la résistance *26*, le circuit du moteur *1*, qui se met en mouvement et entraîne l'axe XX'.

De ce fait, l'ensemble *39*, *40*, *41*, étant entraîné par l'embrayage *41* et n'étant plus retenu par l'ancre *3* qui s'est déplacée vers la gauche, tourne de 180 degrés pour venir buter sur l'ergot *43* de droite de cette ancre. Dans ce mouvement, la partie conductrice du collecteur *40* passe sous le balai *44* et la résistance *26* se trouve shuntée par la résistance *27*. Par cette diminution de résistance en série avec le moteur, ce dernier reçoit une impulsion, régularisée par un volant non représenté sur le dessin.

Le galet *2*, entraîné par l'axe XX', fait tourner le disque *9* qui, le signal étant bref, ne se déplace que peu et laisse la partie conductrice du collecteur *32* en contact avec le balai *34* relié à la borne *37* des signaux brefs.

A la fin de ce premier signal bref, le relais *10* envoie le courant local dans l'électro-aimant *6*, qui attire la palette *5* de l'ancre *3*. Cette ancre, se déplaçant vers la droite, libère à nou-

Digitized by Google

veau l'ensemble *39*, *40*, *41*, qui ferme, par le collecteur *40*, le balai *45* et les collecteurs *33*, *32*, sur la borne *37* des signaux brefs, un courant dont la durée limitée et la valeur constante sont réglées par le rupteur *46*.

Le courant entre dans le distributeur par la borne *55*, passe par les coupures fermées *59* et *57*, et revient à la source locale par l'électro-aimant 54^a (bref) du premier groupe d'axes du distributeur. Sous l'action de l'électro-aimant 54^a (bref), l'axe 49^a (bref) oscille et se trouve bloqué en position de travail par un courant venant de la borne *77* de la source locale, passant par l'électro-aimant 54^a (.), la coupure *105* alors fermée, et le rupteur *73*. Dans son mouvement, l'axe 49^a (.) ouvre les coupures *57* et *58*, et les électro-aimants 54^a (.) et 54^a (—) se trouvent isolés du régulateur, de telle sorte que le courant suivant venant dudit régulateur puisse agir sur le second groupe d'axes du distributeur. Simultanément, ledit axe 49^a (.) ferme par son mouvement une coupure dans le circuit des lettres, chiffres ou signaux ayant une brève comme premier signal.

Le second signal, étant également bref, est dérivé par le régulateur, de la même façon que précédemment, sur la borne *55* du distributeur. Le courant passe alors par les coupures fermées *106*, *65* et *62* et revient à la source locale par l'électro-aimant 54^b (.) du deuxième groupe du distributeur. Sous l'action de cet électro-aimant, l'axe 49^b (.) oscille et se trouve bloqué en position de travail par un courant venant de la source locale par la borne *77*, passant par l'électro-aimant 54^b (.), la coupure *107* alors fermée, et recevant à la source locale par le rupteur *73*. Simultanément, dans son mouvement, l'axe 49^b (.) ouvre les coupures *61*, *62*, *63* et s'isole ainsi automatiquement du régulateur. Il dérive en même temps, sur le troisième groupe d'axes du distributeur, le courant venant du régulateur, ferme une coupure dans le circuit des lettres, chiffres ou signaux ayant une brève comme deuxième signal, et coupe le circuit des lettres n'ayant qu'un signal par les coupures *63* (élimination de la lettre *e* qui aurait été imprimée si un intervalle avait eu lieu).

A la réception du signal long formant le troisième signal,

Digitized by Google

le régulateur agit de la même façon que précédemment, mais le galet *2* fait tourner d'un angle plus grand le disque *9*, de telle sorte que le collecteur *32* dérive le courant par son balai *35* relié à la borne *38* des signaux longs. Ce courant entre dans le distributeur par la borne *56*, passe par les coupures fermées *108*, *109*, *68*, *71*, et revient à la source locale en passant par l'électro-aimant *54*^{c} (—) du troisième groupe d'axes du distributeur. Sous l'action de cet électro-aimant, l'axe *49*^{c} (—) oscille et se trouve bloqué dans sa position de travail par un courant venant de la borne *77* de la source locale, passant par l'électro-aimant *54*^{c} (—) et la coupure alors fermée *110*, et revenant à la source locale par le rupteur *73*.

Cet axe *49*^{c} (—), en se bloquant, ferme une coupure dans le circuit des lettres, chiffres ou signaux ayant un signal long comme troisième signal, s'isole du régulateur, et ouvre le circuit des lettres n'ayant que deux signaux (élimination de la lettre *i*).

Les trois signaux étant ainsi classés sur le distributeur, un arrêt se produit, correspondant à l'intervalle de deux lettres. Pendant ce repos, le galet *2* fait tourner le disque *8* d'un angle plus grand que pour le petit intervalle qui sépare deux signaux d'une même lettre, et par suite le collecteur *19* vient en contact, vers la fin de l'intervalle, avec le balai *21* convenablement calé à cet effet. Le courant local est donc dérivé du régulateur par la borne *24* et entre dans le distributeur par la borne *75*. Là il traverse l'électro-aimant *74* et est dérivé par les coupures *111*, *112*, *113*, *114* et *115*, fermées par les axes bloqués en position de travail, pour arriver à la borne du distributeur correspondant à la lettre U. De là, le courant se ferme en traversant celui des électro-aimants *89*^{a}, *90*^{a}, *91*^{a}... de la machine à écrire correspondant à la lettre U. Ce courant fait enfoncer celui des goujons *89*, *90*, *91*, correspondant à la lettre U et ouvre, par le rupteur *73*, le circuit de bloquage des trois axes du distributeur qui ont servi au tri de la lettre reçue. L'appareil est alors revenu au repos, prêt à trier les signaux suivants.

Pendant la réception des signaux suivants, le chariot *95*

Digitized by Google

de la machine à écrire est arrêté par le goujon enfoncé de la lettre U ; le contact *96* est par suite automatiquement fermé, ce qui actionne l'électro-aimant de frappe *97*, qui projette le cylindre d'impression *86* contre la roue des caractères, et la lettre U se trouve imprimée sur la bande de papier *87*.

Ensuite, le galet *2* du régulateur continue à entraîner le disque *8*. Le collecteur *19*, par le balai *22*, ferme alors le circuit sur la borne *25*.

Le courant est dérivé sur la borne *76*, vient en *116*, et se ferme en traversant un électro-aimant de la machine à écrire correspondant à un blanc. On retrouve donc sur la bande un intervalle analogue à celui qui s'y trouverait à la fin d'un mot. Le disque *8* du régulateur continue toujours à tourner et se trouve à un certain moment bloqué par son crochet de retenue *16*. Le collecteur *20* coupe alors le circuit du moteur *1* du régulateur ainsi que celui du moteur *85* de la machine à écrire.

L'appareil est alors ainsi revenu automatiquement au repos.

Cet appareil est applicable à toute transmission de signaux Morse, soit par fil, soit sans fil.

La machine à écrire qui entre dans sa constitution peut être utilisée séparément pour des applications diverses autres que celles qui sont décrites ici. Elle peut être employée à d'autres enregistreurs automatiques. Elle possède également l'avantage de pouvoir constituer une machine à écrire du type ordinaire par remplacement de la bande et du cylindre d'impression par un chariot.

Le procédé d'impression peut également être différent de celui qu'on a décrit. Par exemple, pour de longs messages, on peut imprimer sur un tambour entraîné d'un mouvement hélicoïdal et portant à sa surface la feuille de papier.

Digitized by Google

ÉTUDE DES POSTES D'OPÉRATRICE DANS LES BUREAUX TÉLÉPHONIQUES,

Par J.-H. GOSSELIN,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

1. Inconvénients d'une mauvaise efficacité des postes d'opératrices. — Des difficultés d'audition ayant été parfois constatées sur les postes d'opératrices, une étude systématique de ces postes fut décidée par le Comité technique des Postes et télégraphes en vue d'améliorer l'efficacité de ces appareils.

La faiblesse d'audition dans les rapports entre opératrices est de nature à gêner considérablement l'exploitation téléphonique urbaine à cause des erreurs qui en résultent dans la transmission des numéros des abonnés d'une opératrice A à une opératrice B par exemple. Cet inconvénient, déjà appréciable dans l'exploitation urbaine malgré la faible longueur des lignes d'abonnés et des lignes auxiliaires entre bureaux, devient très grave dans l'exploitation interurbaine, car la mauvaise audition entraîne l'obligation, pour les opératrices, d'élever la voix, ce qui les fatigue et gêne leurs collègues des tables voisines ; de répéter et de collationner plusieurs fois les numéros et les indications de service, ce qui occasionne des pertes de temps sur les circuits, sans compter les erreurs d'audition.

Les défauts d'un poste d'opératrice proviennent :

1° du microphone et de son embouchure ;

2° du câblage entre le microphone et les clés d'écoute (bobines de transformation à montage antilocal, bobines de self sur l'alimentation, condensateurs, etc...).

On pourra juger de l'importance du défaut d'efficacité en considérant les résultats suivants obtenus par des mesures téléphonométriques sur un poste d'opératrice de qualité insuffisante, quant à son câblage. Ces résultats sont relatifs à la comparaison

Digitized by Google

d'une liaison opératrice—abonné avec une liaison abonné—abonné (circuit étalon à batterie centrale) suivant le schéma ci-contre (fig. 1). Le même microphone était utilisé dans les deux cas.

On a trouvé que l'efficacité du poste d'opératrice (câblage) était plus mauvaise que celle du poste d'abonné à batterie centrale (câblage) de 6,1 M.C.S. à la transmission et 1,2 M.C.S. à la réception. Si l'on considère d'autre part que les microphones

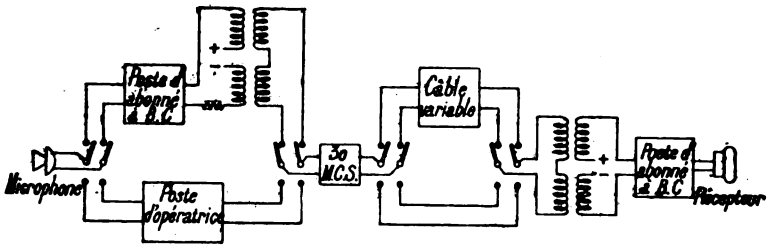


Fig. 1.

des opératrices sont en moyenne 10 M.C.S. pires que l'étalon, on voit qu'une liaison opératrice—opératrice sera entachée d'une perte d'efficacité par rapport aux liaisons abonné—abonné de $6,1 + 1,2 + 10 = 17,3$ M.C.S., soit près de la moitié du coefficient de transmission admissible pour une audition commerciale.

Il est clair que, dans ces conditions, l'exploitation des grands circuits, dont le coefficient de transmission approche de la limite, sera très difficile.

Remarquons enfin que, les appareils transmetteur et récepteur étant les mêmes dans les deux circuits comparés, le défaut d'efficacité du poste d'opératrice ne peut être attribué qu'au montage de ce poste ou à l'emploi d'organes dont les constantes ne sont pas appropriées aux circuits parcourus par les courants téléphoniques.

2. Description du câblage du poste d'opératrice expérimenté. — Le schéma du montage et les résistances des divers organes qui constituent le poste d'opératrice sont donnés sur la figure 2. La self S, de 170 ohms, est à un seul enroulement et

Digitized by Google

à circuit magnétique en fils de fer complètement fermé. Cette self sert à empêcher les courants téléphoniques de traverser la batterie et de se dériver ainsi dans les autres postes, où ils pourraient causer des mélanges.

Le transformateur est formé de deux bobines d'induction A et B, portant chacune un primaire de 10 ohms et un secondaire de 200 ohms. De plus, la bobine B porte un troisième enroulement qui sert au test et qui n'influe pas sensiblement sur l'efficacité de la transmission.

L'effet anti-local est obtenu au moyen du montage en pont de Wheatstone du circuit secondaire, un équilibre moyen de la ligne étant réalisé par la résistance de 600 ohms et le récepteur se trouvant sur une diagonale du pont.

La production des courants téléphoniques se fait de la manière suivante. Le courant de fréquence musicale engendré par le microphone passe dans les primaires des bobines A et B et, ne pouvant traverser la grande impédance de la self S, il se ferme à travers le condensateur C_1. Dans le circuit secondaire, deux forces électromotrices égales sont induites dans chacun des secondaires A et B. Les courants correspondants s'annulent dans le récepteur, ce qui donne l'effet anti-local. A la réception le courant se dérive au point P, la majeure partie traversant le récepteur à cause de la grande impédance du secondaire de B, à laquelle s'ajoute (vectoriellement) la résistance d'équilibre de 600 ohms.

3. **Remarques.** — Sur le schéma de la figure 2, les impédances qui se trouvent dans le circuit microphonique sont celles du condensateur C_1, du microphone, et des primaires des transformateurs A et B.

La résistance du microphone est d'environ 40 ohms, l'impédance de l'ensemble des primaires A et B, à la fréquence 800, a été trouvée égale à 40 ohms, et enfin celle du condensateur C_1 est d'environ 100 ohms. Ces chiffres montrent qu'il y aurait intérêt à diminuer l'impédance C_1, c'est-à-dire à augmenter la capacité de ce condensateur.

Digitized by Google

On peut d'ailleurs préciser cette remarque par un calcul simple. Le coefficient de self-induction de la bobine de self S est de plus de 2 henrys. Son impédance à 800 périodes sera donc de plus de 10.000 ohms, ce qui est grand par rapport aux 100 ohms de C_1. On peut donc négliger la partie du courant de conversation qui la traverse.

Si I est l'intensité du courant continu qui traverse le microphone et M la résistance de ce dernier, la force électromotrice alternative efficace fournie par cet appareil sera de la forme

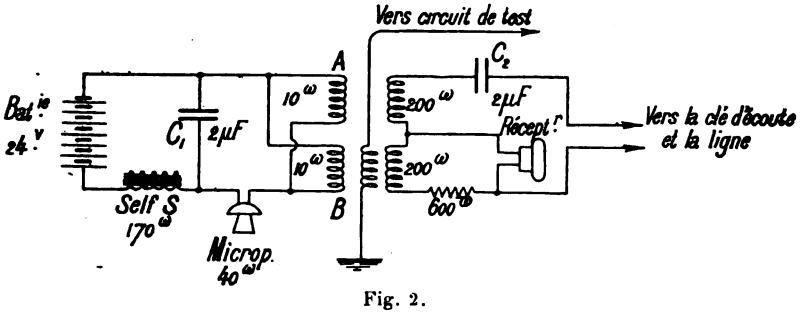


Fig. 2.

$k M I$, k représentant la variation relative de résistance du microphone sous l'influence du son qui l'impressionne. L'intensité du courant alternatif sera alors :

$$i = \frac{k M I}{\sqrt{(M+P)^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - \omega L\right)^2}},$$

P et L désignant respectivement la résistance et la self de l'ensemble des primaires des transformateurs (les secondaires étant supposés reliés, comme le montre le schéma, à une ligne de 30 M.C.S.), C la capacité du condensateur C_1.

Si l'on suppose que les bobines A et B restent les mêmes, l'intensité i caractérise l'efficacité du poste. Plus exactement, si, par suite d'une augmentation de C, le courant i se trouve augmenté dans le rapport de 1 à n, l'efficacité à la transmission du poste sera améliorée de :

$$\frac{1}{0{,}106} \log \text{nép } n \text{ milles de câble standard.}$$

Digitized by Google

On peut écrire :

$$i = \frac{k\,I}{\sqrt{\left(1+\frac{P}{M}\right)^2+\left(\frac{1}{MC\omega}-\frac{\omega L}{M}\right)^2}},$$

et l'on voit que i augmentera avec C et aussi avec M. Il y aura donc intérêt à prendre un microphone résistant.

Pour chiffrer l'amélioration qu'on peut espérer obtenir en augmentant M et C, on peut exécuter le calcul numérique avec les deux séries de données suivantes :

1° $C = 2^{\mu F}$; $M = 40^{O}$; $P = 40^{O}$; $L = 1^{mH},5$;

2° $C = 8^{\mu F}$; $M = 80^{O}$; $P = 40^{O}$; $L = 1^{mH},5$;

en courant à 800 périodes ($\omega = 5.000$) dans les deux cas. On trouve dans le premier cas :

$$i_1 = 0{,}33\ K\,I,$$

et dans le deuxième :

$$i_2 = 0{,}66\ K\,I,$$

ce qui donne un gain d'efficacité à la transmission de :

$$\frac{1}{0{,}106}\ \text{log nép}\ \frac{0{,}66}{0{,}33} = 6{,}5\ \text{M.C.S.}$$

On peut encore faire deux remarques sur le schéma de la figure 2.

D'abord, il serait intéressant d'éviter le passage du courant continu d'alimentation du microphone à travers les primaires des transformateurs. En effet, ce courant augmente l'induction maximum dans les circuits magnétiques des bobines et augmente par suite les pertes par hystérésis et par courants de Foucault.

Enfin, il y aura avantage à séparer la self S en deux enroulements bobinés sur le même noyau. En effet, lorsque les primaires des bobines A et B possèdent une capacité notable avec les secondaires, la ligne se trouve déséquilibrée et l'action des bruits parasites se fait sentir d'une manière parfois suffisante pour arrêter le trafic.

4. Schéma proposé et résultats obtenus. — Les remarques précédentes ont conduit au schéma de poste d'opératrice indiqué sur la figure 3.

Digitized by Google

Le courant continu ne traverse plus les primaires des transformateurs ; la capacité est portée à 8 microfarads. Le microphone plastron est muni d'une capsule d'appareil combiné d'environ 80 ohms.

Des essais téléphonométriques exécutés sur une maquette construite suivant ce schéma ont donné les résultats suivants :

efficacité à la transmission : 5,4 M.C.S. meilleur,

efficacité à la réception : 0,2 M.C.S. meilleur,

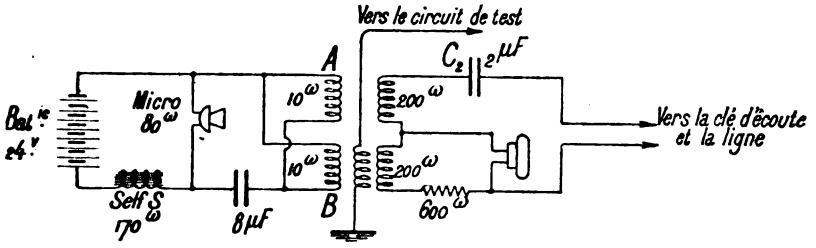


Fig. 3.

meilleur que le circuit standard d'abonné à batterie centrale (voy. fig. 1).

Lorsque l'opératrice abaisse sa clé d'écoute pour l'établissement de la communication ou pour rentrer en ligne pour une raison quelconque, son appareil se trouve mis aux bornes de la ligne et shunte en quelque sorte le poste d'abonné. Il est nécessaire que la diminution d'audition ainsi introduite ne gêne pas les abonnés. La mesure faite sur la maquette précitée a accusé une perte d'efficacité de 2 M.C.S., ce qui est suffisamment faible.

En comparant les résultats ci-dessus avec les chiffres donnés au paragraphe 1 relatifs au montage ordinaire de la figure 2, on voit que l'amélioration est de 11,5 M.C.S. à la transmission et de 1,4 M.C.S. à la réception, soit environ 13 M.C.S. au total.

D'ailleurs cette amélioration est obtenue au moyen d'une augmentation de matériel de trois condensateurs de 2 microfarads, ce qui est tout à fait négligeable dans l'équipement d'une table interbubaine ou d'une portion d'opératrice urbaine.

Enfin le coefficient de transmission entre deux opératrices

Digitized by Google

sera meilleur qu'entre deux abonnés de $5{,}4 + 0{,}2 = 5{,}6$ M.C.S. Si l'on suppose donc que les récepteurs serre-tête sont moins sensibles que les appareils d'abonnés de 5 M.C.S., les opératrices s'entendront encore aussi bien que deux abonnés parlant sur la même ligne, et les difficultés d'exploitation dont nous avons parlé au commencement seront supprimées.

Digitized by Google

LOCALISATION D'UN DÉFAUT D'ISOLEMENT SUR UN CABLE TÉLÉPHONIQUE,

Par K. Küpfmüller (1).

La localisation d'un défaut général d'isolement sur un câble téléphonique n'est possible, par la méthode de la boucle, que si l'on dispose d'un conducteur sain reliant les deux extrémités du câble; l'auteur montre, d'autre part, que la méthode d'Anderson et Kennelly « the earth overlap method » n'est applicable qu'autant que la résistance du défaut est inférieure à vingt fois la résistance d'un conducteur. Il indique un nouveau procédé permettant de faire des localisations précises sans le secours d'aucun conducteur auxiliaire, lorsque la résistance du défaut est supérieur à cent fois la résistance d'un conducteur.

Quand il se produit, sur un câble à plusieurs paires, un défaut d'isolement affectant d'une façon à peu près égale tous les conducteurs, il est difficile de localiser le défaut si la résistance de la perte à la terre est relativement élevée. On est généralement contraint, en pareil cas, d'ouvrir les manchons de raccordement, ce qui cause une grande perte de temps. C'est pourquoi quelques-unes des paires intérieures du câble sont protégées par une deuxième enveloppe de plomb (avec cette complication, qui augmente le prix du câble, les qualités d'uniformité et de symétrie sont plus difficiles à obtenir); grâce à ces conducteurs auxiliaires, les défauts peuvent être aisément relevés par la méthode de la boucle. Nous allons décrire un nouveau procédé qui permet, sans conducteur auxiliaire, de localiser, par des mesures effectuées aux extrémités du câble, un

(1) Traduction d'un article paru dans *Telegraphen- und Fernsprech-Technik* : septembre 1925, p. 234 (étude communiquée par le laboratoire central de la Société Siemens et Halske).

Digitized by Google

défaut général d'isolement, de résistance élevée. Examinons tout d'abord, pour faire un rapprochement, la méthode qui jusqu'ici était considérée en pareil cas comme la meilleure, et qui est due à Anderson et Kennelly (1).

La figure 1 représente le montage de principe : un pont avec des bras égaux R_0 et des résistances r_1 et r_2. On fait d'abord, à la station A, $r_1 = 0$, et, en agissant sur r_2, on réalise l'équilibre ; nous désignerons par ρ_1 la valeur correspondante de r_2 ; puis on fait la même mesure à la station B, le point C

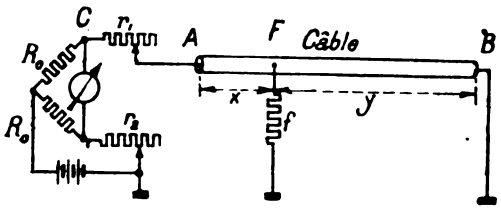


Fig. 1.

étant mis à la terre ; soit ρ_2 la valeur de r_2 correspondant au nouvel équilibre. A l'extrémité A, la résistance r_1 (jusqu'ici nulle) est alors rendue égale à la différence $\rho_2 - \rho_1$, et dans ces nouvelles conditions on recommence les mesures aux deux extrémités comme ci-dessus. On obtient une nouvelle différence $\rho_2 - \rho_1$, qui est plus petite que la précédente, et dont on accroît de nouveau la valeur précédemment donnée à la résistance r_1. On continue de cette manière jusqu'à ce que l'équilibre se trouve réalisé aux deux stations A et B pour une même valeur de r_2 : à ce moment, la résistance ρ_{10}, mesurée entre le point C et la terre est égale à la résistance ρ_{20} mesurée entre le point B et la terre ; et par conséquent la résistance comprise entre l'extrémité B du câble et le défaut F est égale à la résistance comprise entre le défaut F et le point C. L'abscisse x du défaut, comptée à partir de l'extrémité A, se déduit de l'égalité :

$$r_1 + Rx = R(l - x),$$

d'où

$$x = \frac{l}{2} - \frac{r_1}{2R}, \qquad (1)$$

(1) *Journal of the Society of telegraph engineers* ; vol. 16, p. 581 ; et *The electrician* : 17 juillet 1885.

Digitized by Google

l désignant la longueur du câble et R la résistance par unité de longueur d'un conducteur (1).

(1) Dans la méthode de Blavier, on met en série avec le conducteur, à l'extrémité convenable, une résistance r_1 telle que l'isolement du conducteur par rapport au sol reste le même qu'on effectue la mesure en A ou en B (l'autre extrémité étant isolée). Lorsque cette condition est réalisée, on a :

$$r_1 + Rx + f = Ry + f, \qquad (1)$$

d'où

$$x = \frac{l}{2} - \frac{r_1}{2R}.$$

La méthode est théoriquement parfaite : en opérant aux deux stations avec une pile de même force électromotrice et en mettant dans les deux cas le même pôle à la terre, le défaut f se trouve parcouru, lorsqu'on se rapproche de l'équilibre, par un courant de sens et d'intensité constantes, conditions essentielles pour que la résistance f ne varie pas. En fait, la résistance f subit souvent d'importantes variations, tenant à d'autres causes, et la méthode de Blavier conduit alors à des déterminations très imprécises.

Dans la méthode d'Anderson et Kennelly, qui consiste à intercaler sur le conducteur, à l'extrémité convenable, une résistance r_1 telle que l'isolement du conducteur par rapport au sol reste le même qu'on effectue la mesure en A ou en B (l'autre extrémité étant mise à la terre), l'équation correspondant à l'équilibre est :

$$r_1 + Rx + \frac{Ryf}{Ry + f} = Ry + \frac{(r_1 + Rx)f}{r_1 + Rx + f}. \qquad (2)$$

Là encore, le défaut est parcouru, lorsque l'équilibre est réalisé, par un courant d'intensité constante, dans les mesures faites à partir de l'une et l'autre des deux stations. Mais les lectures sont moins influencées que dans la méthode de Blavier par les variations accidentelles de la résistance du défaut. Si en effet, pendant l'intervalle compris entre la mesure en A et la mesure en B, la résistance du défaut subit une variation Δf, la variation correspondante de la valeur du second membre de l'équation (2) est seulement :

$$\Delta f \left(\frac{r_1 + Rx}{r_1 + Rx + f} \right)^2,$$

alors que, dans la méthode de Blavier, la variation correspondante de la valeur du second membre de l'équation (1) est :

$$\Delta f.$$

L'ajustement de la résistance r_1, immédiat, du moins théoriquement dans la méthode Blavier, demande dans la méthode d'Anderson quelques tâtonnements. Supposons que la résistance f du défaut reste constante. Les deux premières mesures (effectuées avec $r_1 = 0$) conduisent à des résistances ρ_1 et ρ_2; on fait $r_1 = \rho_2 - \rho_1$, et l'on recommence les deux mesures, qui conduisent aux valeurs :

Digitized by Google

En pratique, on apprécie l'égalité des résistances mesurées entre le point C et la terre d'une part, entre le point B et la terre d'aure part, avec une certaine précision, limitée par les variations de la résistance du défaut et par les différences de résistance des terres aux deux stations : ρ_{10} et ρ_{20} diffèrent ainsi d'une quantité Δ qui, dans les cas favorables, est de l'ordre d'un ohm :

$$\rho_{10} = \rho_{20} + \Delta. \qquad (2)$$

$$\rho'_1 = \rho_1 + (\rho_2 - \rho_1) = \rho_2,$$

$$\rho'_2 = Ry + \frac{fRx}{f+Rx} + \frac{f(Rx+r_1)}{f+Rx+r_1} - \frac{fRx}{f+Rx} = \rho_2 + \\ + (\rho_2 - \rho_1)\frac{f^2}{(f+Rx)(f+Rx+\rho_2-\rho_1)},$$

d'où, en négligeant $\rho_2 - \rho_1$ devant Rx,

$$\rho'_2 - \rho'_1 = (\rho_2 - \rho_1)\frac{f^2}{(f+Rx)^2}.$$

En augmentant r_1 de la valeur de cette différence $\rho'_2 - \rho'_1$ et en recommençant les deux mesures, on obtiendra deux nouvelles valeurs ρ''_2 et ρ''_1, dont la différence aura la valeur approchée :

$$\rho''_2 - \rho''_1 = (\rho_2 - \rho_1)\left(\frac{f}{f+Rx}\right)^4.$$

Dans la pratique, on continuera de la sorte jusqu'à ce que la dernière différence obtenue $\rho_2^{(N)} - \rho_1^{(N)}$ soit de l'ordre de la plus petite variation appréciable au moyen des appareils de mesure; si cette limite est par exemple l'ohm et si la différence initiale est 100 ohms, l'équilibre sera pratiquement réalisé après S tâtonnements, S étant défini par :

$$1 = 100\left(\frac{f}{f+Rx}\right)^{2S}.$$

Si $f = Rx$, on trouve S compris entre 3 et 4; si $f = 10\,Rx$, on trouve S voisin de 25.

Pour abréger ces tâtonnements, il est souvent commode de commencer par déterminer approximativement la position du défaut par une autre méthode, de façon à pouvoir tout de suite donner à r_1 une valeur voisine de celle qui correspond à l'équilibre. La méthode de Blavier, sous sa première forme, peut être utilisée : on mesure successivement, à la station A, l'isolement du conducteur par rapport au sol, l'autre extrémité étant tour à tour isolée et mise à la terre :

$$\rho = Rx + f,$$

$$\rho_1 = Rx + \frac{f \cdot Ry}{f+Ry}.$$

On en déduit : $Rx = \rho_1 - \sqrt{\rho_1^2 - \rho\rho_1 + Rl(\rho - \rho_1)}$.

Digitized by Google

Il est intéressant de rechercher l'influence de cette différence sur la précision de la localisation. Sur la figure 1 on voit que :

$$\rho_{10} = r_1 + Rx + \frac{Ryf}{Ry + f} \qquad (3)$$

et de même : $$\rho_{20} = Ry + \frac{(r_1 + Rx)f}{r_1 + Rx + f}. \qquad (4)$$

En remplaçant ρ_{10} et ρ_{20} par ces valeurs dans l'égalité (2), on obtient une relation qui permet de calculer x. Si $\Delta = 0$, on retrouve la relation (1). Dans le cas général il vient :

$$x = \frac{l}{2} - \frac{r_1}{2R} + \varepsilon, \qquad (5)$$

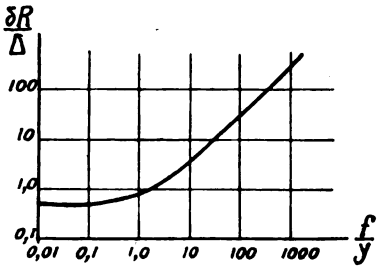


Fig. 2.

ε désignant l'erreur commise sur l'abscisse du défaut. ε et Δ sont liés par la relation suivante, qu'il est facile de déduire des équations écrites :

$$\delta R = \frac{\Delta}{2}\left[1 + \frac{f^2}{\left(\frac{lR}{2} + \frac{r_1}{2}\right)^2 + 2f\left(\frac{lR}{2} + \frac{r_1}{2}\right) - \varepsilon^2 R^2}\right]. \qquad (6)$$

$\varepsilon^2 R^2$ est très petit par rapport aux autres termes de la somme dont il fait partie ; on peut écrire la formule approchée :

$$\delta R = \frac{\Delta}{2}\frac{(y+f)^2}{y(y+2f)}, \qquad (7)$$

y désignant la résistance comprise entre l'extrémité B et le défaut :

$$y = \frac{lR}{2} + \frac{r_1}{2}.$$

On a représenté sur la figure 2 les variations du rapport $\frac{\delta R}{\Delta}$ en fonction du rapport $\frac{f}{y}$: si par exemple la résistance du défaut est de l'ordre du demi-mégohm et si la résistance d'un conducteur est de 500 ohms, l'erreur commise sur l'abscisse du

Digitized by Google

défaut est 200 ou 300 fois plus grande que l'erreur de mesure. Si cette dernière est égale à 1 ohm, la localisation du défaut se fait par exemple avec une erreur de 250 ohms. La méthode conduit à des résultats intéressants quand la résistance du défaut est plus petite que 20 fois la résistance du conducteur ; alors $\frac{\partial R}{\Delta}$, dans le cas défavorable où le défaut est au milieu du câble, est voisin de 10, et la position du défaut est déterminée avec une incertitude inférieure à 10 ohms.

* * *

La méthode que nous allons exposer maintenant permet de localiser un défaut général d'isolement sur un câble à plusieurs

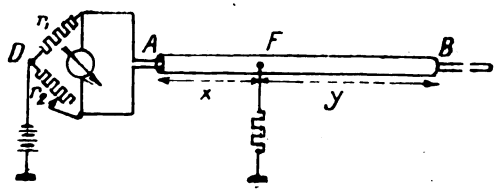


Fig. 3.

paires, dans le cas où la résistance du défaut est très grande vis-à-vis de la résistance du conducteur.

On commence par mesurer la résistance d'isolement par rapport à la terre de plusieurs conducteurs de même diamètre du câble en dérangement ; on choisit deux conducteurs dont les isolements sont aussi différents que possible : des différences de 20 à 30 °/₀ suffisent et il est toujours possible de trouver deux fils remplissant cette condition. Ces deux conducteurs son connectés à un pont (fig. 3) dont les bras r_1 et r_2 sont de préférence du même ordre de grandeur que les résistances des conducteurs. On agit sur r_2 pour établir l'équilibre : soit u_1, la valeur correspondante du rapport des bras du pont :

$$u_1 = \frac{r_1}{r_2}. \qquad (8)$$

Les deux conducteurs sont alors bouclés en B, et on réalise de

Digitized by Google

nouveau l'équilibre du pont : soit u_2 la valeur correspondante du rapport des bras :

$$u_2 = \frac{r_1}{r'_2}. \qquad (9)$$

L'abscisse du défaut F, comptée à partir de la station A, est donnée par :

$$x = l\,\frac{2(u_1 - u_2)}{(u_1 - 1)(u_2 + 1)},$$

formule approchée, dont nous allons établir la validité.

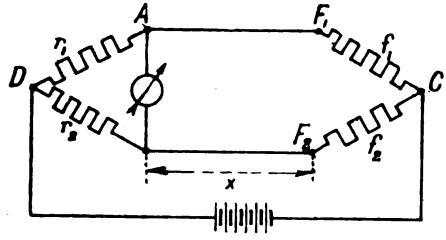


Fig. 4.

La figure 4 représente le montage correspondant à la première mesure, les deux fils étant isolés en B : les résistances des défauts d'isolement des deux fils sont désignés par f_1 et f_2. A l'équilibre, on a la relation :

$$u_1 = \frac{r_1}{r_2} = \frac{Rx + f_1}{Rx + f_2}. \qquad (11)$$

La figure 5 représente le montage correspondant à la seconde mesure, les deux fils étant bouclés en B. On ne change

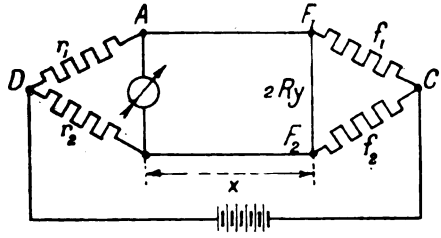


Fig. 5.

rien à la répartition des potentiels et à la distribution des courants (à l'extérieur du triangle $F_1 F_2 C$) en remplaçant les trois

Digitized by Google

résistances en triangle f_1, f_2, $2Ry$ par trois résistances en étoile, f_3, f_4, f_5, montées comme l'indique la figure 6, ces dernières résistances ayant les valeurs suivantes (1) :

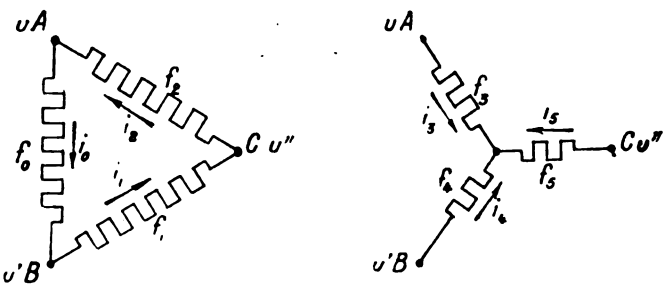
(1) Le triangle constitué par les résistances f_0, f_1, f_2 et l'étoile constituée par les résistances f_3, f_4, f_5 sont équivalents au point de vue de la répartition des potentiels et de la distribution des courants dans un réseau de conducteurs touchant le triangle ou l'étoile aux points A, B, C, si l'on a :

$$f_3 = \frac{f_2 f_0}{f_0 + f_1 + f_2},$$

$$f_4 = \frac{f_0 f_1}{f_0 + f_1 + f_2},$$

$$f_5 = \frac{f_1 f_2}{f_0 + f_1 + f_2}.$$

Soient, par exemple, u, u', u'' les potentiels des trois points A, B, C; montrons que, en A, B, C, les intensités fournies par le réseau extérieur



à l'un et l'autre montage sont respectivement les mêmes dans les deux cas. En d'autres termes, on a :

$$1) \quad \begin{cases} I_3 = I_0 - I_2, \\ I_4 = I_1 - I_0, \\ I_5 = I_2 - I_1, \end{cases}$$

Les lois de Kirchhoff permettent d'écrire :

$$u - u' = f_0 I_0, \qquad u - u' = f_3 I_3 - f_4 I_4 = \frac{f_0}{f_0 + f_1 + f_2}(f_2 I_3 - f_1 I_4),$$

$$u' - u'' = f_1 I_1, \qquad u' - u'' = f_4 I_4 - f_5 I_5 = \frac{f_1}{f_0 + f_1 + f_2}(f_0 I_4 - f_2 I_5),$$

$$u'' - u = f_2 I_2, \qquad u'' - u = f_5 I_5 - f_3 I_3 = \frac{f_2}{f_0 + f_1 + f_2}(f_1 I_5 - f_0 I_3),$$

avec $I_3 + I_4 + I_5 = 0.$

On en déduit, par exemple :

$$\frac{u - u'}{f_0} - \frac{u'' - u}{f_2} = \frac{1}{f_0 + f_1 + f_2}(f_2 I_3 - f_1 I_4 - f_1 I_5 + f_0 I_3) = \frac{1}{f_0 + f_1 + f_2}(f_2 I_3 - f_1 I_4 - f_1 I_5 + f_0 I_3 + f_1 I_3 - f_1 I_3),$$

$$I_0 - I_2 = I_3 \frac{f_0 + f_1 + f_2}{f_0 + f_1 + f_2} - \frac{f_1}{f_0 + f_1 + f_2}(I_3 + I_4 + I_5) = I_3,$$

et la première des équations (1) est démontrée.

Digitized by Google

$$f_3 = \frac{2 f_1 R y}{f_1 + 2 R y + f_2}, \qquad (12)$$

$$f_4 = \frac{2 f_2 R y}{f_1 + 2 R y + f_2}, \qquad (13)$$

$$f_5 = \frac{f_1 f_2}{f_1 + 2 R y + f_2}.$$

Lorsque l'équilibre est réalisé, le rapport des bras de pont a pour valeur :

$$u_2 = \frac{r_1}{r_2} = \frac{R x + f_3}{R x + f_4}. \qquad (14)$$

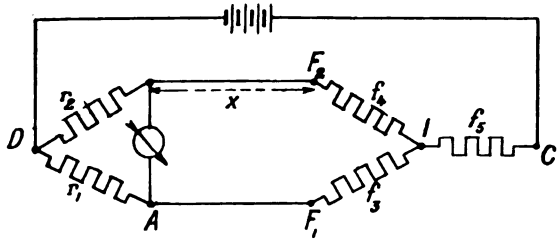


Fig. 6.

Des relations (11) à (14), on tire la valeur exacte de x :

$$x = 2 l \frac{u_1 - u_2}{(u_1 - 1)(u_2 + 1)} \cdot \frac{1 + \varepsilon}{1 + \varepsilon \left[1 + \frac{1 - u_2}{(1 + u_2)(u_1 - 1)} \right]}, \qquad (15)$$

en posant :

$$\varepsilon = \frac{2 R x}{f_2 - R x}. \qquad (16)$$

Le second membre de l'équation (10) est donc multiplié par un facteur de correction :

$$\varphi = \frac{1 + \varepsilon}{1 + \varepsilon \left[1 + \frac{1 - u_2}{(1 + u_2)(u_1 - 1)} \right]}, \qquad (17)$$

qui se réduit à 1 lorsque la résistance Rx peut être négligée devant la résistance f du défaut. Examinons l'importance de ce facteur dans le cas général.

u_2 est toujours compris entre u_1 et 1 ; on peut donc écrire :

$$u_2 = u_1 + d(1 - u_1),$$

Digitized by Google

d étant un nombre compris entre 0 et 1 ; avec ces notations, on a :

$$\varphi = \frac{1+\varepsilon}{1+\varepsilon\dfrac{u_1+d(2-u_1)}{1+u_1+d(1-u_1)}}.$$

Pour une valeur donnée ε, la différence $\varphi - 1$ est maximum quand d et u_1 sont nuls. Dans ce cas extrême, on a :

$$\varphi = 1+\varepsilon = \frac{f_2 + Rx}{f_2 - Rx}.$$

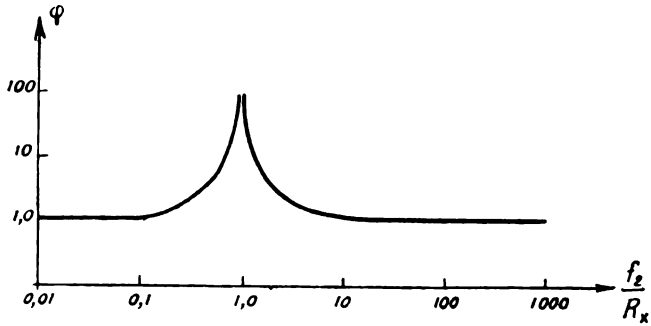


Fig. 7.

La figure 7 représente la variation du facteur φ en fonction du rapport $\frac{f_2}{Rx}$. Pour des valeurs de la résistance du défaut supérieur à 100 fois la résistance d'un conducteur, φ est sensiblement égal à 1 (φ est compris entre 1,02 et 1) ; dans ces limites, la formule approchée (10) est valable, même dans les conditions les plus défavorables.

Examinons maintenant la précision de la mesure elle-même. Supposons que la valeur admise pour u_1 soit entachée d'une erreur relative Δ, c'est-à-dire que :

$$u_1 = u'_1(1+\Delta),$$

u'_1 désignant la valeur exacte inconnue. L'abscisse du défaut sera de ce fait affectée d'une certaine erreur absolue δl :

$$x' = x + \delta l,$$

x' désignant l'abscisse exacte du défaut.

Digitized by Google

En introduisant ces expressions dans la formule (10), on obtient, après quelques transformations simples :

$$\delta = 2\Delta \frac{l-x}{l} \cdot \frac{u_1}{u_1^2-1} . \qquad (19)$$

L'erreur de mesure est maximum lorsque x est petit, c'est-à-dire lorsque le défaut est voisin de la station de mesure. Son expression est alors :

$$\delta = 2\Delta \cdot \frac{u_1}{u_1^2-1} , \qquad \text{ou :} \quad \frac{\delta}{\Delta} = \frac{2u_1}{u_1^2-1} .$$

Le rapport $\frac{\delta}{\Delta}$ dépend seulement de la différence relative des résistances d'isolement des deux fils (on peut écrire approximativement : $u_1 - 1 = \frac{f_1 - f_2}{f_2}$).

La figure 8 représente les variations du rapport $\frac{\delta}{\Delta}$ en fonction de u_1. En dehors de l'intervalle compris entre $u_1 = 0,7$ et $u_1 = 1,3$, l'erreur est du même ordre de grandeur que l'erreur de mesure Δ, ou inférieure à cette dernière. Si Δ est de l'ordre de 0,1 °/₀, le défaut sera localisé avec une précision du même ordre, pourvu que les résistances d'isolement des deux fils utilisés diffèrent de 30 °/₀ au moins.

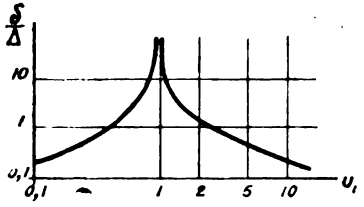
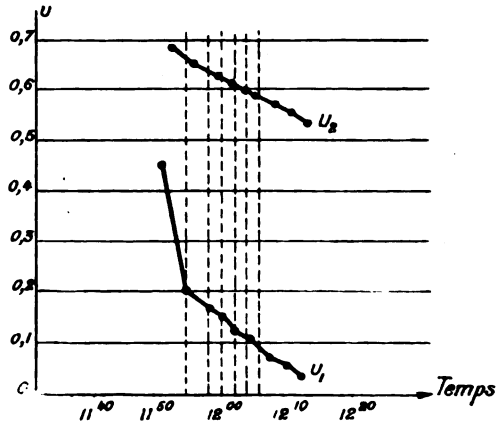


Fig. 8.

Il reste à examiner dans quelle mesure les résultats sont affectés par la variation des résistances d'isolement avec les intensités qui les traversent ; l'influence de cette source d'erreur est peu importante. Les résistances des défauts f_1 et f_2 étant grandes vis-à-vis des résistances des conducteurs et vis-à-vis des résistances des bras de pont ; les intensités sont déterminées, dans les deux mesures, par les grandeurs des résistances des défauts ; ces dernières sont parcourues dans les deux cas par des courants d'intensités très voisines et conservent sensiblement la même valeur. On peut analyser cette influence d'une

Digitized by Google

manière plus précise : les travaux de Kennelly ont montré que la résistance d'un défaut d'isolement varie (dans les limites des faibles courants) à peu près en raison inversement proportionnelle de la racine carrée de l'intensité. Si l'intensité subit une



Temps	11^{58}	$11^{58,5}$	$12^{1,5}$	$12^{3,5}$	$12^{5,5}$	$12^{7,5}$
U_1 =	0,20	0,17	0,15	0,127	0,11	0,09
U_2 =	0,665	0,635	0,62	0,61	0,60	0,59
$\frac{x}{l}$ =	0,697	0,685	0,655	0,688	0,69	0,692

Fig. 9.

variation relative égale à ε, il y correspond une variation relative $\frac{\varepsilon}{2}$ de la résistance du défaut. Moyennant cette hypothèse, on peut déduire de la distribution des courants sur les réseaux des figures (4) et (5) l'expression suivante de l'erreur de mesure :

$$\delta = \frac{u_1}{u_1 + 1} \cdot \frac{x\,(l - x)^2}{l^2} \cdot \frac{R}{f_1} \cdot \qquad (21)$$

On se trouve dans les conditions les plus défavorables, lorsque le défaut est placé au tiers de la longueur du câble à partir de la

Digitized by Google

station de mesure, u_1 ayant une valeur importante. On a alors :

$$\delta = 0{,}15\,\frac{R\,l}{f_1}\,.$$

Lorsque la résistance du défaut f_1 est supérieure à 100 fois la résistance d'un conducteur, l'erreur imputable aux variations de résistance des défauts est inférieure à 0,15 %.

Ainsi, à l'encontre de ce qui a lieu avec les procédés employés jusqu'alors, les erreurs de mesure diminuent ici quand la résistance du défaut augmente. L'application de la méthode est limitée (comme pour la méthode de la boucle) par le bon isolement naturel des conducteurs du câble.

Souvent, les grandes résistances de terre varient quelque peu avec le temps. On peut augmenter beaucoup l'exactitude de la localisation en répétant les deux mesures à des instants successifs. On trace deux courbes représentant, en fonction du temps, les variations de u_1 et de u_2 : la figure 9 en est un exemple, pour un défaut d'environ 1 mégohm sur un câble de 16 kilomètres de longueur. On introduit dans la formule (10) un couple de valeurs de u_1 et de u_2 correspondant à un même instant et obtenues par interpolation : le tableau annexé à la figure 9 montre l'application de ce procédé : la moyenne des valeurs trouvées pour $\frac{x}{l}$ est 0,685 : la valeur réelle était 0,688, de sorte que la précision est pratiquement parfaite.

La méthode que nous venons d'exposer peut être considérée comme la généralisation de la méthode de la boucle, pour le cas où le conducteur auxiliaire est, lui aussi, mal isolé à l'endroit du défaut. Dans la méthode de la boucle, on suppose que l'isolement du fil auxiliaire à l'endroit du défaut est considérable par rapport à l'isolement de l'autre fil : en faisant u_1 infini dans la formule (10), elle devient :

$$x = l\,\frac{2}{u_2 + 1}\,;$$

avec les notations ordinaires, on retrouve la formule connue :

$$\frac{x}{l} = \frac{2\,r'_2}{r'_2 + r_1}\,.$$

R. B.

Digitized by Google

REVUE DES PÉRIODIQUES.

PÉRIODIQUE EN LANGUE FRANÇAISE.

Sur la détection (H. Pélabon, dans *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 23 novembre 1925). — Les contacts rectifiants utilisés en téléphonie sans fil ont fait l'objet de très nombreuses études. En 1921, Mlle P. Collet a publié un important mémoire sur la galène (1). Elle attribue les propriétés rectifiantes de ce composé à la pellicule de soufre qui doit se trouver à sa surface. Un récent travail de J. Cayrel (2) confirme les idées de Mlle Collet. L'auteur montre en effet qu'avec les gros cristaux de galène la détection ne présente une valeur notable, dans le sens galène—pointe, que si l'on approche celle-ci d'une face (III), c'est-à-dire d'une face parallèle au plan contenant des atomes d'une seule espèce.

Les conclusions de ces recherches m'ont engagé à essayer les dépôts de soufre sur le plomb chimiquement pur. Évidemment l'épaisseur de la couche de soufre devait être extrêmement grande en comparaison de celle qui peut se trouver sur la surface d'une galène clivée suivant une face (III).

Sur la face brillante d'un morceau de plomb récemment coupé, j'ai laissé tomber le brouillard jaune de soufre qu'on obtient aisément en inclinant un tube à essais dans lequel on fait bouillir une faible masse du métalloïde dont il s'agit. En substituant à la galène le corps ainsi préparé, on entend tout aussi bien avec un amplificateur à deux lampes qu'avec une bonne galène ordinaire.

Le support de plomb n'est pas nécessaire. On entend très distinctement les émissions musicales de la tour Eiffel et de Londres en substituant à ce métal d'autres métaux purs comme le nickel, le fer, le bismuth, le cuivre, l'étain, le zinc, l'argent, l'or et même le mercure. On pourrait objecter que certains des métaux dont il s'agit

(1) P. Collet, *Annales de Physique* : 1921, p. 356.
(2) J. Cayrel, *Comptes rendus* : 1925, p. 1728.

Digitized by Google

sont susceptibles de se combiner même à froid au soufre, et mettre sur le compte des sulfures formés les propriétés détectrices observées; mais avec l'or qui est absolument inattaquable même à chaud on ne peut pas faire cette objection.

Du reste on peut remplacer le soufre par le charbon et utiliser tous les métaux énumérés plus haut, on a encore une détection nette ; dans ces conditions, on ne peut plus invoquer la production d'une combinaison. En substituant au carbone la substance pulvérulente que l'on trouve dans le commerce sous le nom de bore amorphe, on a des résultats aussi satisfaisants.

J'ai essayé tous les métalloïdes susceptibles d'être préparés à l'état de poudre fine : le sélénium, le phosphore rouge, l'arsenic, l'antimoine et même l'iode ; dans tous les cas la détection a été bonne.

Les résultats de toutes ces expériences sont d'accord avec les idées de Mlle Collet qui fait jouer le plus grand rôle dans la détection au soufre libre des galènes sensibles, persulfurées naturellement ou artificiellement.

Conclusion. — Pour réaliser un détecteur il suffit de déposer sur la surface d'un conducteur la poudre très fine d'un diélectrique et d'approcher normalement une fine pointe conductrice.

Remarque. — Dans tous les cas que j'ai étudiés, le courant redressé a toujours eu le sens conducteur—pointe. On a toujours trouvé presque tout de suite un point sensible.

Quand la détection est réalisée, la pointe ne touche certainement pas le métal.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES.

Emploi des alliages de grande perméabilité dans la construction des transformateurs d'intensité (*Journal of scientific instruments* : 1925, p. 58). — La grande perméabilité magnétique des alliages fer-nickel (tels que le *permalloy* ou le *mumétal*) permet une amélioration très sensible du rendement des transformateurs d'intensité. La différence vectorielle entre les ampères-tours dans le primaire et dans le secondaire (différence à laquelle il faut attribuer la diminution du rapport de transforma-

Digitized by Google

tion et le décalage de phases constatés dans les transformateurs de cette catégorie) représente les ampères-tours à vide, qui sont la résultante des ampères-tours magnétisants et des ampères-tours absorbés par les pertes dans le noyau. Si la perméabilité magnétique du noyau était infinie et s'il ne se produisait de pertes ni par hystérésis, ni par courants de Foucault, le transformateur serait parfait. D'après certains renseignements publiés antérieurement, la perméabilité maximum du *mumétal* est de l'ordre de 40.000, c'est-à-dire dix fois celle du fer pour transformateurs de bonne qualité ; sa perte par hystérésis est d'un sixième environ, et sa résistance spécifique peut atteindre quatre fois celle du fer pour transformateurs. On voit donc qu'en utilisant un noyau en mumétal formé de lamelles très minces on peut réduire les ampères-tours à vide de telle sorte qu'ils varient entre 1/6 et 1/10 de ceux d'un noyau semblable en fer ordinaire ; il en résultera une amélioration du rapport de transformation et une réduction du décalage des phases. Il paraît désirable de façonner le noyau pour une densité d'induction suffisamment élevée à la limite du champ d'action, afin que la perméabilité magnétique soit maximum pour les courants faibles, c'est-à-dire lorsque le courant à vide produit l'effet le plus grand.

Les variations des signaux de T. S. F. (E. V. Appleton et A. F. Burnett, dans *The Electrician* : 1925, p. 678). — La raison généralement invoquée, pour appuyer l'hypothèse de l'existence d'une couche ionisée située dans les régions supérieures de l'atmosphère (couche qui influe sur les transmissions radiotélégraphiques), est basée sur la différence que l'on constate entre les intensités des signaux transmis à longue distance par ondes de grande longueur et les intensités des mêmes signaux calculées d'après les lois de la diffraction (1). Cependant, depuis que Kennelly et Heaviside ont admis l'existence de cette couche ionisée, un accord général n'a pu se faire sur ce point, en dépit de l'interprétation logique qu'en ont donnée Eccles, Larmor, et les ingénieurs du service des recherches de la compagnie Marconi ; si bien que, dans un mémoire de publi-

(1) Voy. van der Pol, *Philosophical Magazine* : 1919, p. 365.

Digitized by Google

cation récente (1), Smith-Rose et Barfield déclarent qu'il est généralement admis qu'« il est nécessaire d'apporter de nouvelles preuves de l'existence de la couche de Heaviside ». Dans un ouvrage encore plus récent (2), Smith-Rose et Barfield ont décrit des expériences faites en vue de reconnaître l'existence d'ondes arrivant à un poste de réception de haut en bas (c'est-à-dire en formant un certain angle avec le plan horizontal), ondes qu'on peut s'attendre à recevoir si l'hypothèse de l'existence de la couche ionisée est fondée. En recourant à des méthodes de réception dirigée très précises, Smith-Rose et Barfield ont essayé : 1° de découvrir l'angle formé avec la verticale par le champ électrique des ondes, au moyen d'un puissant oscillateur de Hertz ; 2° de découvrir l'angle formé avec le plan horizontal par le champ magnétique des ondes, au moyen d'un cadre tournant. On a constaté que le sol était suffisamment conducteur pour qu'on puisse l'assimiler à une surface réfléchissante parfaite ; à cause des ondes réfléchies à la surface du sol, on n'a pu constater aucun des effets cherchés, même dans des conditions normales de réception quant à l'intensité des signaux et aux changements de direction. Smith-Rose et Barfield en ont conclu que les résultats de leurs expériences ne confirmaient ni n'infirmaient la théorie de la couche ionisée ; ils déclarèrent « que l'on manque encore de preuves expérimentales pour se prononcer sur l'existence de la couche de Heaviside ».

Nous avons montré récemment (3) comment on pouvait acquérir directement une preuve expérimentale de l'existence de la couche ionisée en étudiant l'évanouissement des signaux de T. S. F. (fading effect). La méthode consistant à mesurer l'intensité des signaux reçus est plus avantageuse que la méthode directionnelle, en ce sens que l'existence de l'onde réfléchie par le sol n'empêche nullement de détecter une onde incidente. Deux séries d'expériences nous ont apporté la preuve expérimentale directe de l'existence de la couche de Heaviside. Au cours de la première série d'expé-

(1) *Proceedings of the Royal Society*, A : 1925, p. 587.
(2) *Experimental wireless* : sept. 1925, p. 737.
(3) *Proc. Roy. Soc.* A : 1925, p. 621-641.

Digitized by Google

riences (1), on a constaté qu'en faisant varier dans des limites étroites, mais d'une manière continue, la longueur d'onde d'un poste émetteur d'ondes courtes, on constatait des maxima et minima d'intensité à un poste récepteur situé à 130 kilomètres du poste émetteur. C'est donc qu'il existait deux ou plus de deux rayons incidents. Cette conclusion a d'ailleurs été confirmée récemment par Breit, qui a utilisé une méthode différente de la nôtre. Mais ces expériences ne suffisent pas à *prouver* que certains des rayons envisagés sont nécessairement réfléchis dans les régions supérieures de l'atmosphère ; en effet, on peut objecter (et on l'a fait déjà) qu'une différence de parcours peut se produire pour deux trains d'ondes, chacun d'eux circulant le long du sol. Pour obtenir une preuve plus complète, on a donc procédé à une nouvelle série d'expériences, faites spécialement en vue de s'assurer si les rayons d'interférence viennent ou non des régions supérieures de l'atmosphère. Le présent article se rapporte plus particulièrement à ces dernières expériences.

Les ondes stationnaires. — Une certaine confusion s'est produite dans les discussions relatives à la couche ionisée, parce qu'on n'a pas tenu compte du système d'ondes stationnaires engendré à la surface du sol par les ondes réfléchies dans les régions supérieures de l'atmosphère. Supposons que le rayon réfléchi ait une polarisation complexe (c'est l'hypothèse faite dans la théorie magnéto-ionique de l'influence atmosphérique), et que la direction suivie par ce rayon fasse avec le sol un angle mesurable φ_1. Représentons par E_1 l'amplitude maximum du vecteur électrique du rayon incident dans le plan de propagation yz (fig. 1), et par E'_1 celle du vecteur électrique, à angle droit avec E_1. A ces deux vecteurs correspondent respectivement les vecteurs magnétiques H_1 et H'_1, également à angle droit. Supposons (ce qui est approximativement exact pour des longueurs d'ondes supérieures à 300 mètres) que la terre se comporte comme un miroir parfait ; il suffit alors de résoudre un problème simple de la théorie électromagnétique pour trouver les valeurs des forces électriques et magnétiques au point origine O ; elles sont données par les formules :

(1) *Nature* : 7 mars 1925.

Digitized by Google

$$\left.\begin{array}{ll} E_x = 0, & H_x = 2\,H_1 \sin(pt+\theta), \\ E_y = 0, & H_y = 2\,H'_1 \sin\varphi_1 \sin(pt+\theta'), \\ E_z = 2\,E_1 \cos\varphi_1 \sin(pt+\theta), & H_z = 0, \end{array}\right\} \quad (1)$$

où p est la pulsation de la radiation, t le temps, θ et θ' les angles de phase. D'après la théorie de la couche ionisée, E_z est le vecteur responsable de l'évanouissement des signaux de T. S. F. captés par une antenne verticale ; H_z est cause de l'évanouissement des signaux

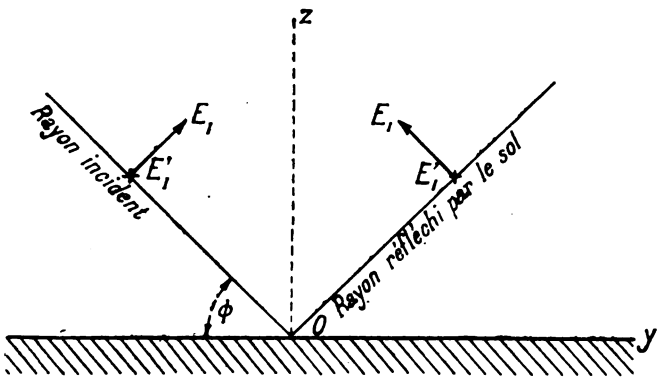


Fig. 1 (l'axe des x est perpendiculaire au papier).

reçus sur cadre dans le plan de propagation yz ; H_y est cause des erreurs dans le relèvement des directions suivies par les signaux.

Ce qu'il y a de plus intéressant dans ces équations, c'est que les formules relatives aux forces électriques et magnétiques renferment le facteur φ_1 ; il est donc possible de calculer φ_1. En particulier, on peut remarquer que la force électrique E_z (mesurée en unités électrostatiques), à laquelle une petite antenne verticale est sensible, diffère de H_x (mesurée en unités électromagnétiques), à laquelle un cadre est sensible. A ce point de vue, l'effet produit par un rayon incident diffère de celui qui est produit par un rayon qui se propage horizontalement, rayon pour lequel les deux quantités sont numériquement égales. Donc, si un poste utilisant une petite antenne verticale et un poste utilisant un petit cadre sont réglés de manière à donner des amplitudes de signaux égales pour une onde directe, les variations des signaux dues à la présence du système d'ondes stationnaires engendré par le rayon incident, seront différentes pour

Digitized by Google

les deux postes. Donc, voici une méthode qui permet de faire une discrimination entre un rayon atmosphérique incident et un rayon direct, c'est-à-dire qui s'est propagé en suivant la surface de la terre.

Méthode de mesure de l'angle sous lequel les rayons réfléchis atteignent le sol. — Supposons que le vecteur électrique du rayon direct, qui atteint le poste récepteur, soit $E_0 \sin pt$. C'est le signal reçu normalement, de jour, au cours des émissions radiophoniques. La nuit, lorsque le système d'ondes stationnaires dû au rayon atmosphérique est présent, on a une seconde force électrique $2 E_1 \cos \varphi_1 \sin (pt + \theta)$, de sorte que la force électrique totale E_x à laquelle répond une antenne verticale est donnée par la formule :

$$E_x = E_0 \sin pt + 2 E_1 \cos \varphi_1 \sin (pt + \theta) \qquad (2)$$

De même, la force magnétique H_x passe de la valeur $H_0 \sin pt$, à la valeur

$$H_x = H_0 \sin pt + 2 H_1 \sin (pt + \theta). \qquad (3)$$

Ces équations peuvent être mises sous la forme :

$$E_x = \sqrt{E_0^2 + 4 E_1 E_0 \cos \varphi_1 \cos \theta + 4 E_1^2 \cos^2 \varphi_1} \sin (pt + \alpha), \quad (2a)$$

$$\text{et } H_x = \sqrt{H_0^2 + 4 H_1 H_0 \cos \theta + 4 H_1^2} \sin (pt + \beta). \qquad (3a)$$

Supposons qu'à l'aide d'un millivoltmètre sensible (un voltmètre Moullin, par exemple) on puisse, de nuit et de jour, mesurer l'intensité des signaux reçus à la fois sur antenne et sur cadre. Appelons A_N et A_J les valeurs mesurées de nuit et de jour au poste à antenne et L_N et L_J les valeurs correspondantes mesurées au poste à cadre (loop, boucle, cadre). On aura :

$$\left.\begin{aligned} A_N &= K E_x = K \sqrt{E_0^2 + 4 E_1 E_0 \cos \varphi_1 . \cos \theta + 4 E_1^2 \cos^2 \varphi_1}, \\ A_J &= K E_0, \\ L_N &= K_1 H_x = K_1 \sqrt{H_0^2 + 4 H_1 H_0 \cos \theta + 4 H_1^2}, \\ L_J &= K_1 H_0, \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

où K et K_1 sont des constantes.

Donc,

$$\left.\begin{aligned} \frac{A_N}{A_J} &= \sqrt{1 + 4 X \cos \varphi_1 . \cos \theta + 4 X^2 \cos^2 \varphi_1}, \\ \text{et} \quad \frac{L_N}{L_J} &= \sqrt{1 + 4 X \cos \theta + 4 X^2}, \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Digitized by Google

où $$\frac{E_1}{E_0} = \frac{H_1}{H_0} = X.$$

Malheureusement, dans les équations ci-dessus, il existe trois inconnues : X, θ et φ_1, et l'on ne peut aller plus avant sans faire de nouvelles hypothèses. Mais on peut poursuivre le calcul de deux façons différentes. On peut admettre que deux maxima d'intensité, constatés simultanément en mesurant A_N et L_N, indiquent que $\cos\theta = 1$. Dans ce cas, on peut mettre les formules (5) sous la forme :

$$\left.\begin{aligned} \frac{A_N}{A_J} &= 1 + 2X\cos\varphi_1, \\ \text{et} \quad \frac{L_N}{L_J} &= 1 + 2X, \end{aligned}\right\} \qquad (5\,a)$$

d'où l'on peut tirer X et φ_1. Mais, en appliquant cette méthode, il ne faut pas perdre de vue que les maxima peuvent être dus aussi bien aux variations d'intensité qu'aux variations de phase; il faut donc se servir de cette méthode avec prudence.

Dans la seconde méthode, on étudie les variations des signaux à une faible distance du poste émetteur; en pareil cas, X est petit par rapport à l'unité. On peut alors écrire les formules (5) sous la forme :

$$\left.\begin{aligned} \frac{A_N}{A_J} &= 1 + 2X\cos\varphi_1\cos\theta, \\ \text{et} \quad \frac{L_N}{L_J} &= 1 + 2X\cos\theta, \end{aligned}\right\} \qquad (5\,b)$$

d'où l'on déduit facilement :

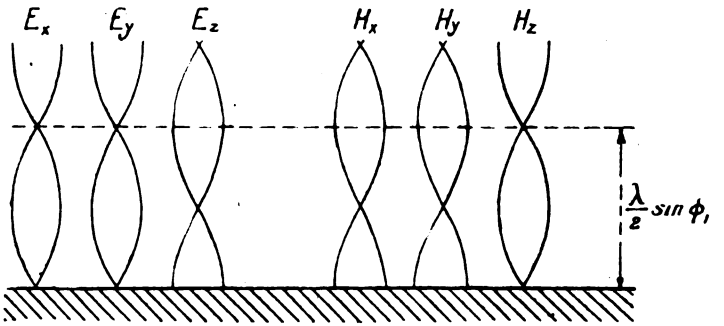
$$\frac{L_N - L_J}{L_J} \Big/ \frac{A_N - A_J}{A_J} = \sec\varphi_1. \qquad (6)$$

Étant donné la nature de la graduation des voltmètres à haute fréquence, il est facile de constater des écarts relativement faibles dans les résultats de mesures successives; on peut donc mesurer sans difficulté excessive des quantités telles que $(L_N - L_J)$.

La formule (6) montre que, si l'on utilise un poste à cadre et un poste à antenne pour étudier des effets d'évanouissement

Digitized by Google

relativement faibles, les variations constatées sur cadre seront plus considérables que celles constatées sur antenne, le rapport donnant sec φ_1. En étudiant à Cambridge des signaux transmis de Londres, on a trouvé, pour sec φ_1, 2,8 environ, ce qui donne pour φ_1 environ 70 degrés. L'évanouissement constaté sur cadre ne peut être supérieur à celui constaté sur antenne que si les ondes qui interfèrent arrivent de haut en bas au poste récepteur.



Vecteur.	Amplitude au ventre.
E_x	$2 E_1'$
E_y	$2 E_1 \sin \varphi_1$
E_z	$2 E_1 \cos \varphi_1$
H_x	$2 H_1$
H_y	$2 H_1' \sin \varphi_1$
H_z	$2 H_1' \cos \varphi_1$

Fig. 2.

En poursuivant notre étude de l'évanouissement des signaux (fading effect), nous avons constaté que souvent les variations diffèrent suivant le type des antennes, même lorsque les mesures sont faites en des points très voisins l'un de l'autre. Si l'on tient compte des caractéristiques du système d'ondes stationnaires, les différences constatées s'expliquent facilement. Si les dimensions linéaires de l'antenne ne sont pas une petite fraction de la longueur d'onde, il faut considérer le vecteur, dans une région voisine de O (fig. 1), de dimensions comparables à une longueur d'onde. La figure 2 montre l'importance des écarts, suivant la hauteur, des six vecteurs E_x, E_y, E_z, H_x, H_y et H_z; les valeurs maxima des vec-

Digitized by Google

teurs aux ventres de vibration sont indiquées au tableau accompagnant la figure 2. Celle-ci montre que, bien qu'une onde incidente ne produise pas de force électrique horizontale au voisinage du sol, il peut arriver que la partie horizontale d'une grande antenne occupe une position telle que la force horizontale captée soit appréciable, ce qui est cause de l'évanouissement des signaux. De même, quoiqu'un cadre horizontal n'accuse aucune force électromotrice au contact du sol, une force électromotrice y sera induite lorsqu'on l'élèvera au-dessus du sol. On se rend facilement compte qu'il est extrêmement important de s'assurer de la nature du système d'ondes stationnaires dans les cas où les rayons réfléchis par la couche ionisée frappent la surface de la terre presque à angle droit (et nous avons montré que ce cas se présente (1)), cas où la distance entre nœuds est minimum.

Dans ce qui précède, nous avons, pour plus de simplicité, considéré le système d'ondes stationnaires produit par un seul rayon atmosphérique; mais plusieurs de nos expériences ont montré qu'il se produit de multiples réflexions sur la couche ionisée et sur le sol; par suite, dans nombre de cas, le problème devient très compliqué. Toutefois, on dispose de plusieurs méthodes expérimentales semblables à celles qui sont indiquées ici, pour trouver la solution du problème.

(1) Proceeding Royal society, A : vol. 109, page 621.

Digitized by Google

INFORMATIONS.

Le trafic à New York (T.-C. Giannini, dans : *Rivista delle comunicazioni*, 15 janvier 1926). — Pour celui qui cultive l'art du trafic, il y a un intérêt particulier à constater comment le trafic se déroule en réalité dans une très grande cité comme celle de New York, au milieu d'un pays avancé et riche. On a écrit bien des exagérations : beaucoup de remarques sont périmées ou de seconde main. Nos lecteurs aimeront à connaître les impressions que nous avons recueillies lors d'un récent voyage à l'autre rive.

Télégraphe et téléphone. — Les communications télégraphiques et téléphoniques sont confiées à des compagnies privées pour les câbles, le réseau, la radio. Les bureaux sont nombreux, agencés comme les banques ; pour la commodité des clients, il y a un appel électrique au bureau le plus voisin : on touche le bouton et quelques minutes après se présente le facteur pour retirer le télégramme et l'argent. Les communications internationales fonctionnent très bien et ne sont pas chères ; à l'intérieur, elles subissent quelques retards ; le prix en monnaie locale est peu élevé ; converti en lires, il dépasse le nôtre. Le téléphone fonctionne bien. Avec le semi-automatique même, on a la communication urbaine sans délai et l'interurbaine après une attente de courte durée ; la voix s'entend claire, sans friture ni ronflements.

Poste. — La poste fonctionne normalement. Pour les relations avec l'Europe, on indique avec une grande publicité la route, le vapeur, la dernière heure, cela chaque jour. Les succursales sont peu nombreuses, mais vastes et élégantes comme en Allemagne et en Suisse. On ne voit pas de petits bureaux de quartier. Le service de la caisse d'épargne postale s'étend et trouve une clientèle également parmi les Italiens. Depuis quelques années, on émet des bons portant intérêt. Les timbres-poste ne se vendent pas au bureau de tabac (cette industrie est libre), mais dans les bureaux de poste

Digitized by Google

et les hôtels qui tiennent lieu de cafés, de galeries et de lieux de rendez-vous. Très commode est l'emploi des petits carnets.

Les bureaux délivrent, à la demande, des livrets ou des feuilles donnant les règlements et les tarifs des services postaux. Les boîtes sont nombreuses et assez grandes : quand elles sont pleines, on dépose le courrier à côté et personne ne se risque à mettre la main dessus. Il faut dire que les services publics sont surveillés avec une efficacité dont on n'a pas idée. Par exemple, personne ne vendrait impunément du lait mouillé : on fait des épreuves fréquentes au cours de la vente, et si l'on constate l'addition d'eau, l'individu est emprisonné *ipso facto* ; le lait est mis sous séquestre et jeté.

Moyens urbains de communication. — Ils fonctionnent très bien. Il y en a de quatre sortes : les subways ou chemins de fer souterrains, les elevated ou chemins de fer aériens à la hauteur du premier étage, les tramways généralement entre les piliers qui supportent l'elevated et au-dessous de lui, les autobus. Dans les premiers, on paye au compteur automatique ; la porte s'ouvre et se ferme automatiquement aux arrêts, le billet est uniformément de cinq cents. Dans les tramways, on paye au receveur ou dans un récipient à l'entrée. Pour les autobus, on paye en mettant une petite pièce de 50 cents dans une sorte de petit réceptacle à compteur que vous tend le receveur. Donc ni billets, ni contrôle apparent. Le trafic étant effroyablement intense, ces moyens abondants et rapides sont en rapport avec lui, grâce à l'autonomie de leur siège, ou pour les autobus, à la largeur des voies. Aux heures matinales, une série de trains directs font le service uniquement en descendant vers le centre des affaires et à partir de 13 heures en sens inverse, parce qu'en Amérique, il ne viendra à l'idée de personne, d'aucune administration ou d'aucun service public, qu'on puisse couper les vacations. Elles varient de 6 à 8 heures, et sont comprises dans l'espace de temps qui s'écoule de 9^h 30 à 17^h 30 avec un bref intervalle, pour un « quick luncheon » (collation rapide) de 20 minutes environ. Les Américains, comme les Anglais, s'étonnent grandement qu'il y ait des pays où l'on perde de trois à quatre heures pour interrompre le travail, se délasser à table, et passer en tramway le quadruple du temps

Digitized by Google

nécessaire. S'ils avaient des vacations coupées, comme chez nous, tout le matériel ferroviaire devrait être augmenté. Notons, pour les autobus et les taxis également (seul véhicule à louer individuellement), le peu de bruit, je dirais même le silence dans lequel ils procèdent. Si les tramways, les autobus et les taxis devaient sonner de la trompe, comme on fait chez nous, la population serait pour le moins affolée ; songez aux numéros actuels des taxis : des nombres de six chiffres !... La trompe, de tonalité sourde, ne résonne que quand on ne peut faire autrement ; de leur côté, les piétons sont audacieux et prudents en même temps, s'arrêtant au beau milieu de la rue s'ils ne réussissent pas à la traverser d'un coup ; les cochers ou conducteurs, de leur côté, se garderaient de changer de main ou de faire une entorse au code de la route pour dépasser un autre véhicule. La circulation urbaine forme aujourd'hui l'objet de prévisions et d'études spéciales : il existe, dans les rues principales, des postes de block system qui fonctionnent d'une façon continue et efficace : quand la lumière est verte, on peut courir librement dans le sens des artères principales ; quand la lumière rouge s'allume, le trafic longitudinal s'arrête et la circulation transversale commence. Et tout le monde obéit.

Chemins de fer. — La circulation ferroviaire a été favorisée par la nature : pas de rampes, pas de tunnels. Les gares sont des palais où on trouve de tout : on peut arriver nu et en sortir équipé. Les wagons sont à sièges numérotés en fauteuils de repos, comme entre Rome et Naples, ou à sièges ordinaires, ou à sièges transformables en lits ; ils sont construits tout en fer, chauffés férocement, pourvus de diverses commodités, comme par exemple une boîte pour les télégrammes, levée à chaque station.

Quant à la ponctualité, on ne peut véritablement s'en louer : là-bas non plus, les retards ne sont pas rares, de quelques minutes à quelques quarts d'heure. Mais il y a des trains d'affaires qui arrivent à l'heure juste : on paye un supplément d'assurance contre les retards ; s'il y en a, le voyageur récupère une certaine somme. La compagnie a tout intérêt à arriver ponctuellement et à n'avoir rien à payer.

Enfin je ne dois pas passer sous silence les moyens de commu-

Digitized by Google

nication à l'intérieur des maisons et des hôtels. Dans les hôtels toutes les chambres, et dans les maisons tous les appartements, sont reliés téléphoniquement au portier. Les ascenseurs sont toujours en mouvement et, dans beaucoup d'édifices qui ont plus de sept à huit étages, on spécialise les ascenseurs : il y en a qui ne s'arrêtent pas au-dessous d'un certain étage. Ils sont tous rapides, conduits presque toujours par un nègre. Le contraire de l'ascenseur est le « descendeur » de lettres : c'est un tube vertical dans lequel à chaque étage on peut jeter son courrier à la boîte aux lettres ; le facteur en fera la levée.

Dans les habitations, dans les salles de pas perdus des hôtels, on trouve presque à coup sûr un récepteur de radiotéléphonie ; sur presque toutes les maisons de campagne des environs, il y a des antennes. L'audition téléphonique, comme on sait, est en Amérique tout à fait libre, elle n'est soumise à aucune taxe, et les revues de broadcasting publiées aux États-Unis sont aussi nombreuses que les journaux de sport. (Traduit par J.-B. Pomey.)

Addenda. — Nous tenons à réparer une omission. L'article de M. Damoiseau, intitulé *Numération, traduction et sélection dans les grands réseaux téléphoniques urbains*, et qui a paru dans le numéro de janvier 1926, est extrait du *Bulletin de la Société des électriciens*.

Nous devons d'autre part remercier M. Suchet des renseignements qu'il nous a fournis sur les timbres-poste des Arts décoratifs et que nous avons utilisés dans le numéro de février.

Enfin nous remercions également de l'aide qu'ils ont bien voulu donner à M. Pomey, pour son article *Origine de la poste*, paru dans le numéro de décembre 1925, M. Marion, membre correspondant de l'Institut, M. Robiquet, conservateur du musée Carnavalet, M. Delahaye, maire de Lucheux, MM. les bibliothécaires de la bibliothèque Sainte-Geneviève et MM. les fonctionnaires de la Société de l'histoire du vieux Paris, qui lui ont ont permis de consulter la collection des anciens plans et des fiches d'immeubles.

Fer à souder électrique spécial pour la téléphonie et la télégraphie. — Les avantages incontestables de l'emploi du

Digitized by Google

fer à souder électrique, notamment dans les travaux de montage des installations télégraphiques et téléphoniques, sont atténués dans beaucoup de modèles par l'obligation de remplacer assez souvent les éléments chauffants détériorés.

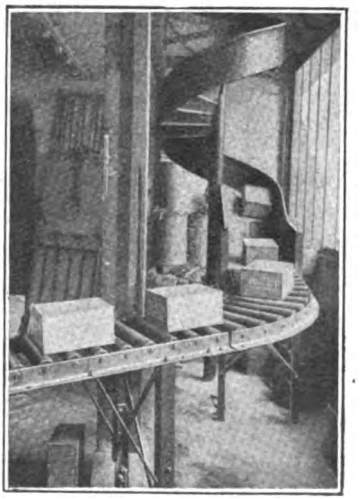
Un mode ingénieux de construction (Fer Zéva) évite ces inconvénients ; l'élément électrique est enfermé, sous pression, dans une masse d'aluminium, qui, en l'isolant complètement de l'air et de l'humidité, assure son inoxydabilité ; la bonne conductibilité calorifique de l'aluminium empêche d'ailleurs la température d'atteindre une valeur dangereuse pour la conservation de l'élément, au cas où on oublierait le fer à souder sous tension.

La pointe à souder en cuivre rond fixée par une simple vis, peut s'allonger suivant les besoins et se remplacer aisément.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

La réorganisation des usines, suivant les méthodes Taylor-Thomson (réorganisation administrative, réorganisation à l'atelier), par G. Bertrand Thompson, ancien maître de conférences à l'université Harvard, ingénieur conseil en organisation scientifique, président de la Société franco-américaine d'organisation rationnelle. Paris, Ed. Langlois et Cie, 186, rue du faubourg Saint-Martin, 1925. — Deux volumes in-8° de 296 et 280 pages avec 127 figures.



M. Bertrand Tompson est un des élèves de Taylor : il collabora avec lui de 1911 à 1915. Il appliqua les principes de Taylor au commerce en gros et en détail, à la publicité, à l'agriculture, aux industries les plus variées. La figure ci-jointe, empruntée à cet ouvrage, montre un transport à couloir fixe.

J.-B. P.

Vingt leçons pratiques sur les courants alternatifs, par E. Nicolas, professeur à l'École nationale professionnelle d'Armentières. Troisième édition, entièrement refondue. Paris, librairie Vuibert. — 1 volume in-8° de 280 pages, avec 2 planches en couleurs, 66 problèmes types et 269 gravures dans le texte : 22f.

Les ouvrages élémentaires sur le courant alternatif sont rares. Le courant alternatif s'étudie en effet exclusivement par le calcul non élémentaire.

La clientèle des cours techniques et professionnels élémentaires

Digitized by Google

a cependant besoin d'aborder cette étude, au moins par le côté descriptif et pratique, et il est bon que les auditeurs aient un ouvrage très simple pour retenir l'essentiel de ce qui leur est exposé dans les cours pratiques.

C'est pour eux principalement que ces *Vingt leçons sur les courants alternatifs* ont été écrites.

Ce cours est entièrement *expérimental* dans les parties essentielles : descriptions, mesures ou installations. Il est donc à la portée même des praticiens qui ont un désir sincère de s'instruire.

Dans certains cas, l'auteur a évité d'établir par le calcul des formules d'usage courant ; il les a alors admises, en les vérifiant au besoin, puis appliquées aux questions à étudier ou à la résolution des problèmes élémentaires ; d'autres formules ont été établies expérimentalement ; le lecteur est ainsi mis à même de résoudre beaucoup de ces problèmes qui sont le complément indispensable du cours ; il a alors la preuve qu'il a compris le courant alternatif.

La division en vingt leçons, presque indépendantes l'une de l'autre, permet d'ailleurs de scinder l'étude de l'ouvrage autant qu'on le veut et de laisser de côté telle question qu'on trouve trop difficile au premier abord.

Le grand nombre des figures rend le texte plus attrayant.

Rivista delle comunicazioni, posta, telegraphi, telefoni (fondée par le ministère des Postes et des Télégraphes d'Italie). Officielle pour les documents et communications du ministère des Communications pour les services postaux, télégraphiques et téléphoniques. Tirage de chaque fascicule : 25.000 exemplaires. Année XIX, fascicule II, 15 janvier 1926. — *Sommaire :* Le trafic à New York (T.-C. Giannini). Jurisprudence. Nouvelles diverses d'Italie et de l'étranger. Bibliographie, etc... Partie officielle : Lois et décrets publiés au *Journal officiel*. Règlements de service. Recettes : service postal, poste, articles d'argent, caisse d'épargne, service télégraphique, comptabilité, vente aux enchères, adjudications, fournitures, divers.

Toute la partie officielle a beaucoup de rapport avec notre *Bulletin des P. T. T.*

Digitized by Google

Il peut être intéressant pour le lecteur des *Annales* de se rendre compte de la nature des articles qui peuvent figurer dans la première partie ; c'est pour cette raison que j'ai traduit l'article de M. T.-C. Giannini, que l'on trouvera dans ce même numéro.

J.-B. POMEY.

Les nouveaux axiomes de l'électronique (mécanique des électrons), par R. Ferrier, ingénieur des Ponts et Chaussées. Paris, A. Blanchard, 1925. 1 vol. in-8° de 64 pages. — Prix : 3 francs.

L'auteur a fait précéder son ouvrage de l'*Avertissement* suivant :

L'histoire de nos connaissances en électricité montre que deux tendances principales se sont disputé le privilège d'expliquer les faits observés. L'une consiste à rapporter les actions des corps électrisés aux charges qu'ils supportent ; ces charges occupent des positions bien définies et agissent, à distance, les unes sur les autres. Leur mouvement modifie ces actions qui, dans le cas du repos, se réduisent à des répulsions ou attractions en raison inverse du carré de la distance. La découverte, au sein même de la matière, de corpuscules d'électricité négative, tous identiques entre eux, et qui sont les électrons, a constitué un grand succès pour cette manière d'interpréter les faits.

L'autre tendance, inspirée par la considération des phénomènes de rayonnement, arrache pour ainsi dire, aux corps concrets (les seuls que nous puissions atteindre) leur pouvoir de déterminer les effets observés. Une sphère électrisée, un fil dans lequel passe un courant, n'agissent point, par eux-mêmes, sur les appareils voisins : tout le phénomène se trouve, en réalité, dispersé dans l'espace environnant. La position de l'armature ou du circuit n'intervient plus que par la condition mathématique qui exprime la limitation, à sa surface, du phénomène qui l'entoure. Et comme il apparaît, d'après la forme même des équations admises, que l'espace a la propriété *de se transmettre à lui-même, de proche en proche, avec une vitesse finie et selon une direction bien déterminée, les caractères électriques que nous percevons, il est bien nécessaire*

Digitized by Google

d'admettre que cet espace n'est pas identique au vide géométrique, mais qu'il contient un milieu *subtil, doué de propriétés physiques : l'éther.*

A l'heure actuelle, il n'est pas plus possible de mettre en doute l'existence des électrons, que de nier les propriétés de l'éther. Le point de vue admis aujourd'hui par le plus grand nombre est que les phénomènes observés résultent du mouvement des électrons dans l'éther, et des réactions de ce dernier sur les électrons. Certains évitent d'insister sur la réalité physique de l'éther en le réduisant à une abstraction géométrique : à savoir un système de référence privilégié (quel qu'il soit d'ailleurs) par rapport auquel la lumière se propage en ligne droite avec une vitesse constante. Mais c'est là éluder la difficulté et non la résoudre, en dépit des prodiges d'ingéniosité mathématique que l'on peut déployer.

Il subsiste, en somme, une dualité dans l'interprétation des faits : l'électron est irréductible à l'éther, et l'éther continu qu'admet la théorie de Maxwell est irréductible à l'électron. Est-il possible de rassembler ces notions peu cohérentes en une conception plus synthétique des lois de l'électricité ?

Je soumets au lecteur, dans les pages qui suivent, l'aperçu d'une tentative de ce genre. Il se convaincra sans peine que ce bref exposé, tout en cherchant à frayer une voie plus praticable à la science expérimentale, se garde de prétendre à l'ampleur d'une doctrine philosophique, et n'attribue aux formules mathématiques, dont on ne peut éviter l'emploi, qu'une valeur toute relative, dans l'ignorance où nous sommes de la nature véritable des principes qu'elles contiennent : l'énergie, l'espace et le temps.

Le Gérant,
LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS, — MCMXXVI.

Digitized by Google

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS Vᵉ

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes*.

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

Dépoussiérage des sacs postaux, par L. Jammes, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 469

Les nouveaux radiophares français, par André Blondel, membre de l'Académie des Sciences, inspecteur général, adjoint au directeur du Service des phares et balises..... 478

La conférence télégraphique de Paris (1925), par E. Brois, directeur de l'Exploitation télégraphique, vice-président de la conférence..... 492

Les surtensions de rupture dans les réseaux téléphoniques, par P. Chavasse, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 522

Revue des périodiques. — *Périodiques en langues étrangères :* Les derniers progrès en T.S.F. — Le développement de la téléphonie automatique en Allemagne.

Informations et Variétés. — Conférence.

Service d'études et de recherches techniques. — Impédance caractéristique et affaiblissement kilométrique des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb.

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

DÉPOUSSIÉRAGE DES SACS POSTAUX,

Par L. JAMMES,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

La nécessité d'aérer les bureaux de poste et d'éviter le dégagement de poussières dans la manipulation des sacs n'a pas échappé à l'administration des Postes. Les produits de la respiration et les substances toxiques dégagées à travers la peau humaine provoquent, en effet, des maux de tête et des malaises ; la poussière renferme des éléments pathogènes divers : elle irrite les muqueuses et est encore plus nuisible aux poumons qu'à l'estomac. Une atmosphère de travail salubre est aussi indispensable qu'un éclairage rationnel et un chauffage hygiénique ; la santé du personnel et aussi son rendement en dépendent étroitement.

Mais, si les travaux scientifiques exécutés au cours de ces dernières années ont permis de réaliser des installations d'éclairage et de chauffage central satisfaisantes au double point de vue de l'hygiène et de l'économie, les problèmes d'aération et de purification de l'air dans les salles de travail sont loin d'être convenablement résolus. L'administration cependant étudie de nouveaux procédés de ventilation pour les salles de manipulation et a déjà obtenu des résultats intéressants dans la lutte contre la poussière.

Le sac postal, accumulateur de poussière. — Quiconque pénètre dans la salle d'arrivée d'un bureau de poste peut constater que le sac postal, en chanvre ou en jute, est un parfait organe de réception et de production de poussière. Il est par suite nécessaire :

1° d'éviter le dégagement de poussières à l'ouverture des sacs.

Digitized by Google

2° de mettre à la disposition des agents des sacs aussi propres que possible.

L'absorption automatique des poussières à l'ouverture est réalisée dans certains offices étrangers au moyen de tables de dépression, mais dans des conditions encore imparfaites ; l'administration française étudie la possibilité de perfectionner ce procédé.

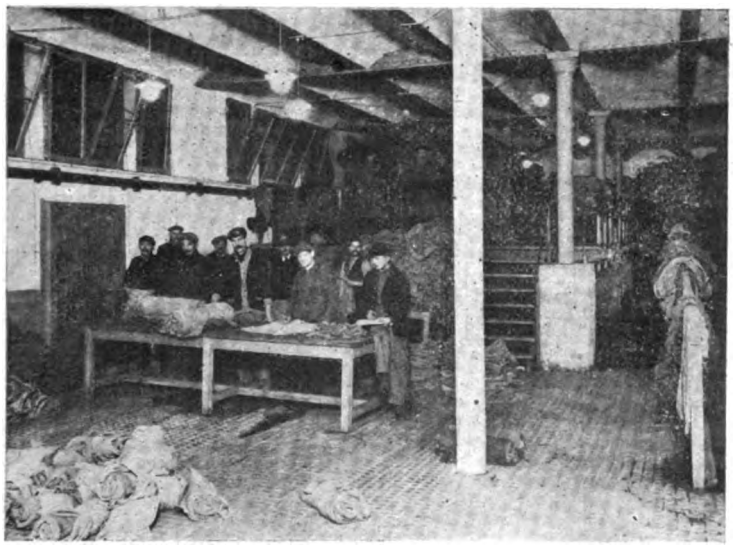
Le dépoussiérage des sacs postaux proprement dit était pratiqué jusqu'en 1925 par l'entreprise privée dans des conditions onéreuses et surtout défectueuses : 10.000 sacs par jour environ, provenant des gares et de la recette principale (rue du Louvre), étaient transportés par camions automobiles rue Bargue, où se trouvait l'atelier de dépoussiérage. L'appareil, très rudimentaire, consistait en lanières fixées en rayons sur un arbre entraîné électriquement ; sous l'action de la force centrifuge, elles se déployaient et battaient successivement les sacs disposés sur des sangles. La poussière dégagée par le battage était aspirée par un ventilateur électrique. L'ensemble de l'appareil était enfermé dans un caisson de bois, mais celui-ci était ouvert au droit des sangles afin de permettre aux ouvrières d'engager ou de retirer les sacs. Pratiquement, la poussière se répandait notablement dans l'atmosphère, rendait le travail des ouvrières particulièrement pénible, et se déposait de nouveau sur les sacs déjà battus.

En outre, le battage des sacs par lanières soumettait leur solidité à une dure épreuve. La redevance annuelle payée à l'entrepreneur était très élevée (environ 170.000 francs), en raison des frais considérables de transport et de manutention.

La poste entreprend le dépoussiérage. — Vers les premiers mois de 1925, l'administration décida d'étudier un modèle de dépoussiérage des sacs moins primitif et susceptible d'être économiquement exploité par ses propres services. Il s'agissait de dépoussiérer environ 10.000 sacs par jour : 6.000 provenant de la recette principale et 4.000 des gares. Si une première installation parvenait à fonctionner dans de bonnes conditions, il suffi-

Digitized by Google

rait par la suite de généraliser le dépoussiérage des sacs dans les bureaux ambulants et quelques bureaux centraux de Paris et de province : dès lors, l'hôtel des postes de Paris n'aurait plus qu'à dépoussiérer ses propres sacs, et une capacité de 10.000 sacs lui suffirait pour plusieurs années. Cette première installation devait évidemment fonctionner rue du Louvre, afin

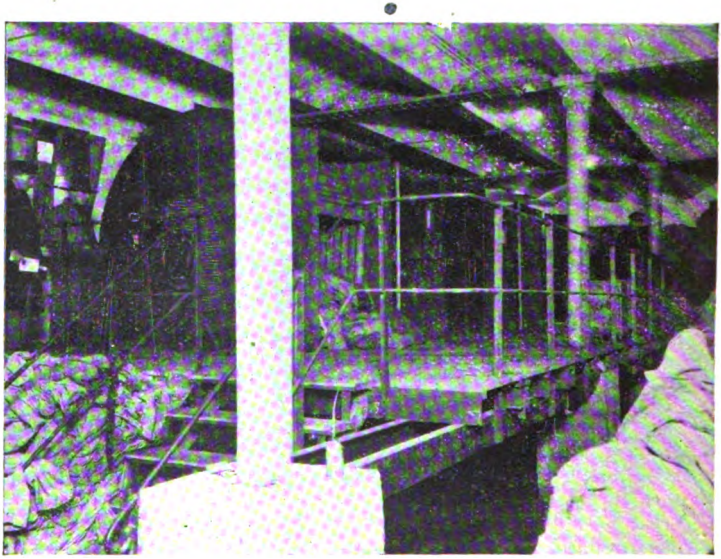


de supprimer des transports onéreux et des manutentions inutiles, la recette principale étant l'approvisionneur de sacs le plus important.

Des entreprises similaires fonctionnaient depuis quelques années dans l'industrie privée ou des offices postaux étrangers. Mais l'étude entreprise par l'administration montra que l'industrie privée avait organisé le dépoussiérage des sacs en vue de récupérer les produits qui restent adhérents (cimenteries). L'office postal anglais recueille les poussières, en utilisant des filtres assez encombrants ; mais la poussière est très fine, très légère, difficile à manier ; pour s'en débarrasser, on ne peut songer, au centre de Paris, à la brûler dans une cheminée ou la déposer sur la voie publique ; d'autre part, si l'on doit la transporter

Digitized by Google

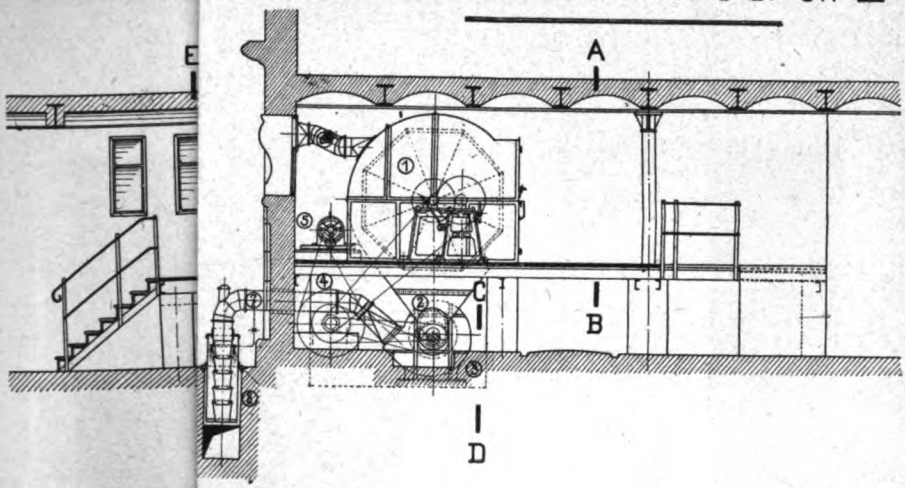
hors de la ville, on augmente le prix de revient du dépoussiérage. Tant que cette poussière restera un produit sans valeur, c'est-à-dire tant que l'administration ne trouvera pas une offre d'achat comprenant les frais de manutention et d'enlèvement à partir de l'atelier de dépoussiérage, un rejet automatique à l'égout, par entraînement d'eau, doit être envisagé. Cette évacuation automatique des poussières envisagée par l'administration constituait la partie originale et aussi délicate du programme.



Le dépoussiérage à la recette principale. — Après examen technique des projets présentés par les divers spécialistes auxquels l'administration fit appel, la solution de M. Pelet, ingénieur aux ateliers d'Arlod, fut retenue. Les appareils devaient être montés dans un sous-sol de l'hôtel des postes, dans la partie des anciennes écuries prenant jour dans le saut de loup de la cour Gutenberg. L'installation est représentée par les planches et photographies ci-jointes. Elle se compose de trois tambours ou cages octogonales en bois de $2^{m},50$ de diamètre entre sommets, centrés sur un même arbre ; chaque face de ce prisme à section octogonale perpendiculaire à l'arbre, est constituée par

Digitized by Google

— VUE DE PROFIL — COUPE EF-GH —

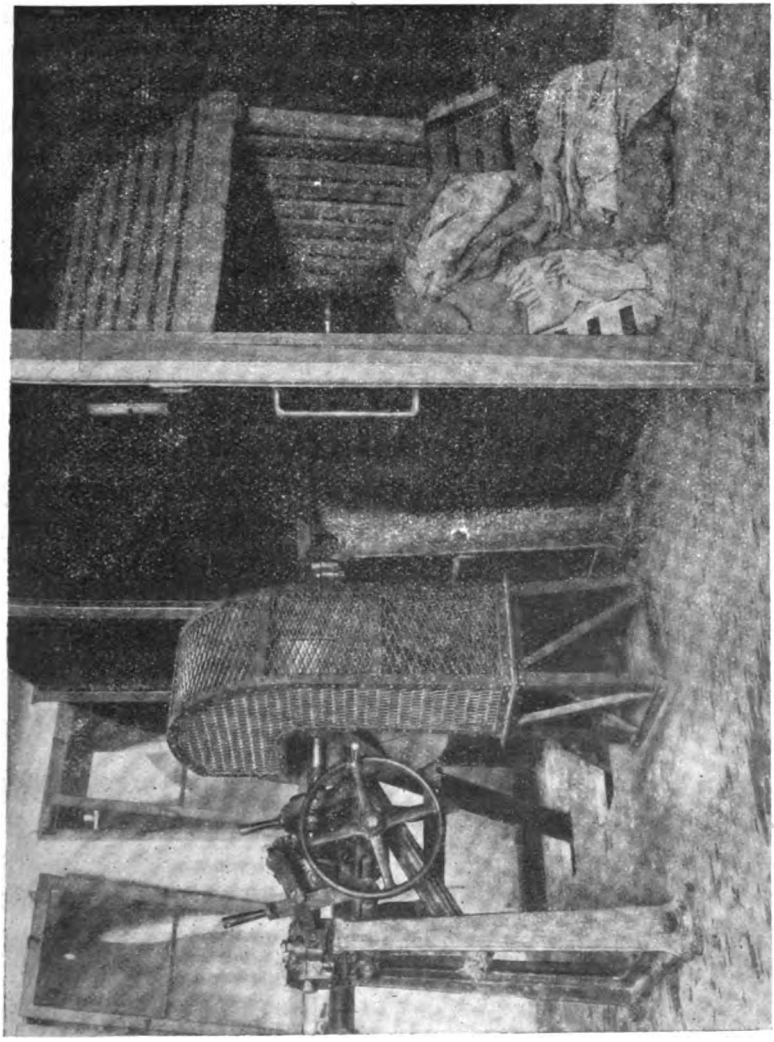


— LEGENDE —

Repères	Désignation
①	Machines à nettoyer les sacs —
②	Tuyauterie de connexion entre les machines avec vis transporteuse —
③	Ventilateur avec enroulure de courroie —
④	Transmission —
⑤	Moteur électrique —
⑥	Tuyauterie de prise d'air frais à l'extérieur —
⑦	Tuyauterie de refoulement du ventilateur —
⑧	Epurateur de poussières —

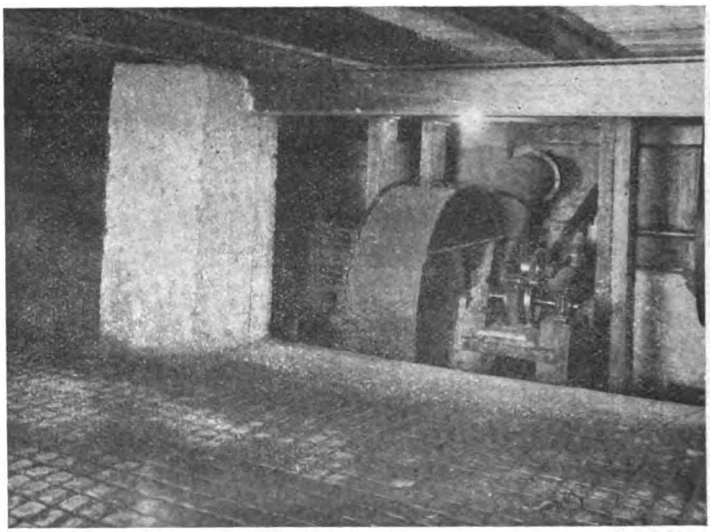
Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

des barres de bois parallèles à l'axe ; chaque cage peut être rendue à volonté solidaire de l'arbre d'entraînement et prendre une vitesse de rotation de 8 à 10 tours à la minute. Un des côtés de la cage peut être ouvert et rabattu, en vue de l'introduction dans la cage des sacs à dépoussiérer. Si l'on met le tambour en route après l'avoir rempli en partie de sacs, ceux-ci sont entraînés par les barreaux, et, parvenus à une hauteur de 2 mètres environ, retombent sous l'effet prépondérant de la pesanteur :

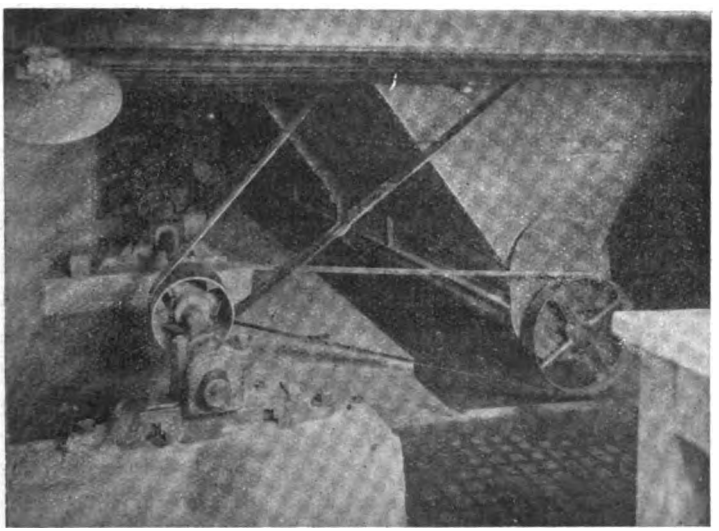


ils sont repris ensuite par les barreaux ; soumis à des chutes répétées, ils laissent dégager leurs poussières.

Les tambours sont enfermés dans des caissons en tôle munis chacun d'une double porte ouvrante, pour permettre l'accès aux cages ; après arrêt d'un tambour, un dispositif très simple permet de faire tourner à la main ce tambour afin d'amener le panneau ouvrant dans une position convenable pour le chargement ou le déchargement. Les tambours et les caissons ont été montés sur une plate-forme en bois, avec sommiers et poutrelles métalliques supportés par des socles en maçonnerie à $1^{m},50$ au-dessus du sol. En dehors du poids des machines, une surcharge de 500 kilos par mètre carré a été prévue pour pouvoir entrepo-

Digitized by Google

ser les sacs sur la plateforme. Sous chaque tambour, il est ménagé une ouverture protégée par un grillage afin de retenir les ficelles, papiers ou correspondances oubliés dans les sacs. La poussière à l'intérieur du caisson est aspirée à travers les grillages et conduite par des trémies métalliques au-dessous du plancher, jusqu'à un collecteur horizontal en tôle ; une vis sans fin, centrée sur l'axe du collecteur, entraîne les poussières lourdes jusqu'à l'ouïe d'un ventilateur. Les poussières légères



non recueillies par la vis sont entraînées au ventilateur par l'appel d'air. A la sortie du ventilateur, toutes les poussières prennent une grande vitesse dans une tuyauterie à faible section, terminée par des tronçons de cônes emboîtés et enfermés dans une gaine ; un tuyau circulaire percé de trous amène l'eau sous pression en forme de filets dans le tuyau ; cette eau abat les poussières et les entraîne à l'égout.

L'air nécessaire à l'aspiration de chaque tambour est pris dans le saut de loup par des prises grillagées et pourvues de clapets de réglage afin de varier le débit d'air.

Trois vacuummètres contrôlent le degré d'aspiration des machines ; un quatrième contrôle le degré de compression dans le refoulement.

Digitized by Google

Des dispositifs de sécurité bloquent les cages pendant leur chargement et leur vidange.

Un moteur électrique de 9 chevaux assure la rotation des tambours, de la vis et du ventilateur. Le débit total d'air est d'environ 2 mètres cubes par seconde. La puissance absorbée par le ventilateur est de 4 chevaux ; la puissance absorbée par chaque tambour est inférieure à trois chevaux.

La manutention des sacs a été aussi soigneusement étudiée ; les sacs déchargés dans la cour Gutenberg par camions sont envoyés par une glissière à une plate-forme en potence sur la première, destinée à former un accumulateur de sacs envoyés au dépoussiérage ; lorsque sera aménagé à l'extrémité opposée un accumulateur pour sacs dépoussiérés, l'installation possédera ainsi les deux volants nécessaires à un dépoussiérage et à un tri de sacs propres fonctionnant avec méthode et régularité. Les sacs de la recette principale parviennent des différents étages au sous-sol dans des corbeilles roulantes, au moyen des monte-charges, et sont amenés sur plate-forme par une rampe ; toute manœuvre peut être ainsi évitée en surface dans la cour intérieure de l'hôtel des postes, où évoluent incessamment des automobiles.

Le rendement de l'installation. — L'étude de l'administration, l'examen des projets et la réalisation du dépoussiérage n'ont pas demandé plus de cinq mois ; depuis août 1925, l'installation des ateliers d'Arlod fonctionne régulièrement et les sacs sont convenablement dépoussiérés.

La moyenne des sacs quotidiennement dépoussiérés est de 8.000, mais ce nombre pourra, par la suite, être fortement augmenté s'il est nécessaire.

Au point de vue financier, la nouvelle organisation du dépoussiérage constitue un avantage appréciable. Elle a nécessité un crédit d'une centaine de mille francs environ (achat et montage du matériel, travaux de bâtiment, chauffage, éclairage et aménagement du local). L'amortissement et les frais d'exploitation (main-d'œuvre, eau, électricité, chauffage), pour une

Digitized by Google

exploitation convenablement conduite, sont de l'ordre de 80.000 à 100.000 francs. L'initiative de l'administration permet donc de réaliser une économie annuelle de 80.000 francs environ. Sans doute, cette installation n'est pas techniquement parfaite ; bien des améliorations pourront être ultérieurement introduites ; peut-être même de nouveaux procédés techniques la rendront-ils caduque ; elle n'en gardera pas moins le mérite d'avoir été la première organisation d'un dépoussiérage satisfaisant des sacs postaux et d'avoir mis fin à un régime onéreux pour le trésor. Elle peut être facilement généralisée à d'autres bureaux, à la condition cependant qu'une étude sérieuse des locaux et des moyens d'élimination automatique des poussières soit faite dans chaque cas.

Digitized by Google

LES NOUVEAUX RADIOPHARES FRANÇAIS (1),

Par André BLONDEL,
Membre de l'Académie des Sciences,
Inspecteur général, adjoint au directeur du Service des phares et balises.

Les radiophares sont destinés à produire des ondes hertziennes, dont les navigateurs déterminent l'orientation à l'aide du radio-compas ou radiogoniomètre. Deux types de radiophares ont été proposés et essayés : les radiophares fixes, qui sont de simples postes émetteurs automatiques de signaux indicatifs, et les radiophares à tournant aérien, qui produisent des ondes dirigées, concentrées dans un angle aussi étroit qu'on peut le réaliser, et auxquelles on donne une vitesse de rotation régulière, en faisant tourner l'appareil émetteur. Ce dernier type n'a pas été utilisé en France, jusqu'ici, pour diverses raisons, les unes techniques, les autres financières.

Dès 1912-1913, trois radiophares fixes automatiques à étincelles musicales, sur ondes courtes de 125 mètres, avaient été installés par le Service central des phares (avec du matériel de la Société française radioélectrique) au port du Havre et aux îles de Sein et d'Ouessant. L'expérience, prolongée jusqu'à 1925, a montré la nécessité d'adopter une longueur d'onde beaucoup plus grande ; la commission internationale a fixé cette longueur à 1.000 mètres. Si l'on trace autour de chaque radiophare un cercle représentant sa portée, les différents cercles doivent se couper à une distance suffisante en mer pour que les navigateurs puissent constamment fixer leur position par deux relèvements ; d'où résulte la nécessité absolue de distinguer les radiophares voisins, à la fois par des sons musicaux caractéristiques différents et par des signes indicatifs.

(1) Article extrait de *La science et la vie* (février 1926).

Digitized by Google

Dans les radiophares français, on s'est conformé aux suggestions de la commission internationale de T.S.F. de 1921, en adoptant la composition suivante pour les signaux : émission de la lettre indicative pendant trente secondes, précédant et suivant une émission de traits longs durant quinze secondes, chaque groupe étant séparé du suivant par un silence de soixante secondes, ce qui donne une périodicité totale de cent vingt secondes. Les traits longs ont pour but de faciliter les relèvements à l'opérateur qui manœuvre le radiogoniomètre.

Nous verrons plus loin comment ces groupes de signaux sont produits par un manipulateur automatique ; il convient, à ce point de vue, de distinguer les différents postes en trois catégories, suivant qu'il s'agit de radiophares de brume de très faible portée (entrée des ports), pour lesquels il paraît utile de répéter presque constamment le groupe caractéristique, comme il est dit plus haut ; les radiophares normaux de brume, pour lesquels on peut répéter le groupe caractéristique seulement pendant cinq à six minutes au début de chaque quart d'heure, et, enfin, les radiophares de grand atterrage, destinés à permettre au navigateur de faire des relèvements à grande distance, pour lesquels il paraît suffisant de faire une émission pendant cinq à six minutes au début de chaque heure.

Enfin, comme le relèvement simultané des deux radiophares voisins peut présenter quelques difficultés, malgré la différence de tonalité musicale des émissions, il paraît intéressant que ces émissions soient décalées d'une façon fixe, de manière que celles que peut recevoir le même observateur aient lieu successivement avec ou sans recoupement ; par exemple, une émission de brume du radiophare d'Ouessant doit avoir lieu au commencement de chaque quart d'heure et durant six minutes ; l'émission du radiophare de Sein, commencera au quart d'heure plus cinq minutes ; l'avenir démontrera s'il y a lieu d'augmenter ou de diminuer les durées de recoupement (1).

(1) Les différences de tonalité établies entre différents postes ne servent donc pas à les identifier séparément, mais constituent simplement une caractéristique supplémentaire qui s'ajoute à la différence des indicatifs des mêmes radiophares.

Digitized by Google

C'est d'après ces principes généraux que sont actuellement construits les radiophares français, dans les limites des crédits.

Les grandes lignes du programme adopté, le 15 juin 1925, après des discussions approfondies devant la commission des phares, par M. Daniélou, sous-secrétaire d'État des ports, de la marine marchande et des pêches, d'ailleurs susceptible d'être modifié au cours de sa réalisation, pour tenir compte des résultats obtenus, sont les suivantes :

Le système des radiophares fixes est adopté à l'exclusion du système des postes de relèvement à terre, et de préférence, au moins pour le moment, à celui des radiophares tournants, d'un emploi plus exceptionnel, dont l'essai se poursuit outre Manche.

Trois catégories de radiophares sont envisagées :

1° Les radiophares dits *de grand atterrissage*, d'une portée allant jusqu'à 200 milles (370 kilomètres) et fonctionnant pendant cinq minutes au début de chaque heure, quel que soit l'état de l'atmosphère. Ces radiophares sont prévus au nombre de cinq : à la Hague, Ouessant, Belle-Ile, La Coubre et Porquerolles, ce dernier en Méditerranée.

2° Les radiophares *de brume* proprement dits, d'une portée de l'ordre de 50 milles (92 kilomètres) et dont certains occupent les mêmes emplacements que les cinq précédents, avec lesquels leur matériel pourra être souvent en partie commun. Ils seront au nombre de vingt-cinq : bateau-feu Sandettié, Gris-Nez, déjà en service, Ailly, Ver, Barfleur-Gatteville, la Hague, parages de l'île de Bréhat, Ouessant, Sein, Penmarch-Eckmühl, Belle-Ile, Yeu, les Baleines, la Coubre, Arcachon (cap Ferret), cap Béar, Planier, Porquerolles, cap d'Antibes ou cap Ferrat, cap Corse, Calvi, Sénétose, Porto-Vecchio.

3° Les radiophares *d'entrées de ports*, qui émettront, en temps de brume, des signaux atteignant une portée de 15 à 20 milles (28 à 37 kilomètres au maximum). Ils sont prévus au nombre de neuf : bateau-feu Ruytingen, bateau-feu Dyck ou Dunkerque, Boulogne, bateau-feu du Havre, digue de Cherbourg, Groix, la Blanche, le Pillier, Cette (seul pour la Méditerranée).

Pour chacune de ces trois catégories de radiophares, il n'y

Digitized by Google

aura, en principe, qu'un fonctionnement automatique. Tous utiliseront des ondes entretenues modulées, exceptionnellement et provisoirement des ondes amorties, aux points où elles ne troubleront pas, d'une manière appréciable, les autres communications.

Enfin les postes seront établis dans un ordre réglé à la

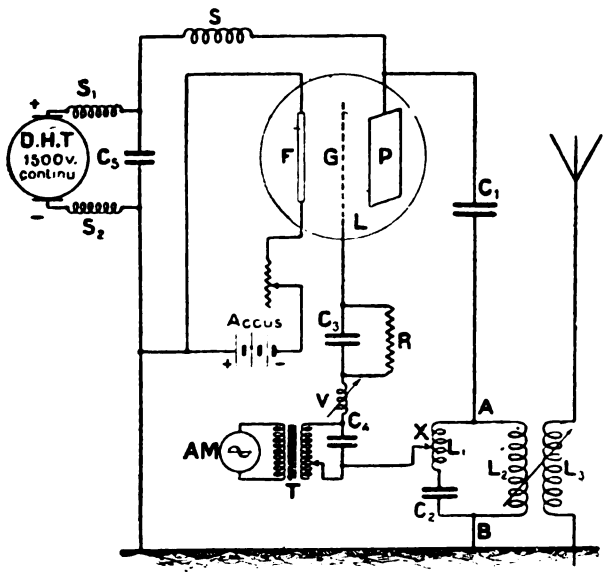


Fig. 1. — Radiophare d'Ouessant. Schéma de principe.

D.H.T, dynamo haute tension ; S_1 S_2 C_5, filtre haute tension formé de deux selfs et d'un condensateur ; S, self d'arrêt empêchant le retour des oscillations en arrière ; L, lampe triode contenant : F, filament chauffé par les accumulateurs ; P, plaque ; G, grille reliée à la self L_1 par le condensateur C_3 shunté par la résistance R ; X, point de liaison, circuit-grille et plaque ; C_1, condensateur par lequel la plaque met en oscillations le circuit oscillant en A ; A B, circuit oscillant ; L_2 L_3, selfs réglant la période d'oscillation ; L_1, self servant à l'entretien du circuit-grille ; C_2, condensateur du circuit oscillant ; L_3, self d'antenne ; A, point d'attaque du courant-plaque ; V, variomètre ; A M, alternateur de modulation ; T, son transformateur variable shunté par le condensateur C_4.

fois d'après les possibilités techniques ou financières et d'après les besoins qu'en manifesteront les usagers, en prenant comme point de départ, jusqu'à nouvel ordre, le tableau qui précède.

Le radiophare de Gris-Nez a servi de laboratoire d'études pour comparer successivement les divers types, au point de vue de leur réglage, de leur fonctionnement en service et des perturbations qu'ils pouvaient causer aux services voisins. Pour ces

Digitized by Google

émissions, Gris-Nez était bien choisi, en raison du voisinage immédiat du poste récepteur d'aviation de Saint-Inglevert, qui communique avec les avions sur une longueur d'onde de 900 à 950 mètres ; du poste de Castelnau, qui reçoit les navires sur une longueur d'onde commerciale, et des chalutiers de Boulogne-sur-Mer, qui reçoivent sur une longueur d'onde de 300 mètres.

En septembre 1922, fut mis en essai le poste à ondes amorties (étincelles musicales), qui avait été construit avant la guerre pour le bateau-feu Sandettié, et dont le matériel avait été modifié pour réaliser une longueur d'ondes de 1.000 mètres au lieu de 125 mètres. Ces émissions suscitèrent de violentes réclamations de la part des services voisins mentionnés ci-dessus, par suite des brouillages excessifs auxquels elles donnaient lieu sur les longueurs d'onde de 300, 500 et même 900 mètres, par suite des harmoniques que provoquent les phénomènes internes des triodes.

L'appareil fut donc enlevé et installé à l'île de Sein, où il ne peut interférer dans son voisinage avec aucun autre service ; on en verra plus loin la description.

En septembre 1923, on mit en essai, à Gris-Nez, un poste à ondes entretenues modulées, construit par le Service central des phares lui-même, avec alimentation directe des plaques par alternateur ; il donna lieu encore à des brouillages provenant, en partie, d'une construction insuffisamment élective des postes récepteurs voisins, et, en partie, des harmoniques que provoque l'alimentation par courant alternatif direct. Pour éliminer ces harmoniques, nous avons dû introduire un circuit oscillant de résonance entre les lampes et l'antenne ; les ondes obtenues ainsi sont devenues parfaitement pures et se prêtent à une parfaite syntonisation des récepteurs. Bien que l'excitation par alternatif direct ne soit pas la plus favorable au point de vue de la pureté du son musical, ce dernier est cependant agréable et très facile à distinguer, grâce à son ton élevé (fréquence 1014), des autres émissions voisines.

Quelques perfectionnements ultérieurs ont permis d'assurer la régularité de l'alimentation des lampes triodes, malgré

Digitized by Google

l'entraînement direct des groupes électrogènes par les moteurs à essence ; la consommation a été réduite à moins de 300 watts, pour une puissance modulée utile dans l'antenne d'environ 120 à 150 watts ; et les relèvements obtenus au radiogoniomètre, notamment par le bateau-baliseur *Patricia*, du Service des phares anglais (*Trinity House*), ont fait ressortir des portées utiles de plus de 50 milles et une précision de relèvement d'un à deux degrés, ce qui est un résultat magnifique, qui a, d'ailleurs, pleinement confirmé les espérances.

Les antennes. — Nous nous sommes préoccupés d'utiliser le mieux possible les installations existantes pour la réalisation d'antennes efficaces des radiophares. En ce qui concerne les bateaux-feux, qui sont de dimension assez faible par rapport à celles des navires de commerce, le développement qu'on peut donner à l'antenne est très limité ; sur les bateaux-feux étrangers, on a tendu une simple nappe verticale, constituée de trois ou quatre fils, entre les mâts d'avant et d'arrière, en réunissant la montée de l'antenne à l'une des extrémités ; mais une telle antenne a des propriétés directrices qui peuvent être gênantes, et une surface relativement limitée ; nous avons réalisé, au bateau-feu du Havre, une disposition plus efficace, permettant d'obtenir une capacité d'antenne atteignant jusqu'à 0,0005 microfarad ; la montée d'antenne se fait verticalement, tout près de la lanterne ; au-dessus de celle-ci est établi un support métallique en fer à cheval, qui supporte deux nappes prismatiques, attachées, d'autre part, aux deux mâts ; ces nappes sont formées de fils tendus aux six sommets d'hexagones en bambou de 1^m, 50 de côté, ce qui donne une surface de radiation considérable. Ces nappes étant courtes et bien tendues, l'antenne résiste bien au vent et ne donne pas lieu à des variations sensibles de capacité ; sur les bateaux-feux français, grâce à l'emploi du système de quilles d'amortissement du regretté directeur Ribière, le roulis est très peu sensible et n'influe que fort peu sur la capacité. Cette condition et l'absence de propriétés directrices de l'antenne en grand T, permettent de réaliser une constance très suffisante de

Digitized by Google

la longueur d'onde et de la puissance des ondes hertziennes rayonnées par cette antenne.

Dans les phares situés à terre, nous avons pu éviter de construire des pylônes en accrochant au sommet de l'entablement de la tour la nappe descendante, dont l'autre extrémité est retenue à un ou plusieurs poteaux de hauteur aussi grande que possible ; la montée de l'aérien est faite par une antenne de petite section, en harpe, sortant du poste. On cherche ainsi à se rapprocher de la réalisation d'une bonne antenne-parapluie, mais les conditions locales imposent forcément des limites au développement de la nappe. Par exemple, à l'île de Sein, où le phare est mal placé, sur des rochers, au voisinage immédiat de la mer, on a dû se contenter de nappe prismatique de même section que celle du bateau-feu du Havre. Au phare de Gris-Nez, au contraire, on a pu réaliser une grande nappe descendante épanouie en forme de V, formée de cinq câbles de 60 mètres de longueur, les poteaux extrêmes étant espacés entre eux de 10 mètres. On voit sur la figure 2 qu'à Créach-d'Ouessant on a pu donner à l'antenne un développement beaucoup plus considérable en la formant de deux nappes en V symétriques, descendant à droite et à gauche de l'axe des bâtiments, au-dessus des logements des gardiens.

Dans tous ces établissements, on rencontre de grandes difficultés pour obtenir de bonnes prises de terre, parce que le phare est construit sur des rochers (cas de Sein et de Créach), ou même au sommet d'une falaise crayeuse (cas de Gris-Nez) ; il a donc fallu constituer des prises de terre par des treillages métalliques de grande surface enterrés dans le sol, qu'on a soin d'arroser assez fréquemment pour maintenir l'humidité.

A Créach-d'Ouessant, la disposition des bâtiments ne permettait même pas cette solution, et il a fallu, par conséquent, remplacer la prise de terre ordinaire par un contre-poids formé de fils métalliques tendus sur des poteaux et potelets, et passant au-dessus des toits des logements ; disposition assez compliquée et plutôt originale, ainsi que le montre la figure 2, mais qui est la seule efficace en pareille circonstance.

Digitized by Google

Une autre difficulté assez grande, qu'on a rencontrée, a été pour faire aboutir la descente d'antenne à la salle des machines. Dans les anciens phares (et dans celui de Sein, qu'on n'a pas modifié à ce point de vue), le matériel émetteur à haute tension était logé dans une cabine construite spécialement, et à l'emplacement le mieux approprié ; cela était suffisant pour un matériel exigeant, en définitive, fort peu de surveillance ; et on pouvait, d'ailleurs, placer le groupe générateur dans la salle des machines du phare et alimenter par une ligne aérienne ou souterraine les transformateurs de l'armoire d'émission. Mais l'adoption de postes émetteurs à lampes triodes pour ondes entretenues exige une surveillance constante, et il a fallu, par conséquent, placer les postes d'émission dans la salle principale des machines, au voisinage des groupes électrogènes de l'éclairage, des compresseurs d'air qui alimentent les signaux sonores, etc... Au cap Gris-Nez la sortie de l'antenne se fait par une ligne posée sur isolateurs et qui traverse le vitrage d'une des fenêtres. A Créach-d'Ouessant, un autre fil isolé relie la borne de terre du poste au point central du contrepoids d'antenne qui est lui-même isolé ; des parafoudres sont prévus, d'ailleurs, pour mettre antenne et contrepoids à la terre, en cas de décharge atmosphérique.

Le matériel. — Jusqu'en 1923, il n'existait pas, sur le marché, de matériel approprié aux conditions extrêmement dures auxquelles sont soumises les émissions de radiophares : durée de marche continue fort longue en temps de brume, pouvant atteindre dix-huit heures et même davantage (1) sur les côtes de l'océan en temps bouché ; il faut que tout le matériel puisse subir, sans échauffement exagéré et sans panne, ces marches prolongées et fournir, pendant une année, des durées totales effectives de marche pouvant atteindre mille deux cents heures et même davantage si, comme nous l'espérons, l'usage des

(1) On a constaté des périodes de brume d'une durée de 72 heures consécutives à Belle-Ile, et de 96 heures à Gris-Nez.

Digitized by Google

radiophares se montre très utile pour la navigation, même en temps de brume l'hiver.

Il a paru également nécessaire de simplifier le plus possible le matériel, parce qu'il doit être confié à un personnel généralement non spécialisé et déjà fort occupé ailleurs, et que les nécessités budgétaires actuelles ne permettent pas d'augmenter, ni d'améliorer notablement. Les conditions sont donc tout à fait différentes de celles qu'on rencontre dans les postes d'émission des services militaires ou maritimes, ou les postes de télégraphie. On a été ainsi conduit à proscrire le plus possible l'emploi des accumulateurs, à réaliser l'entraînement direct des machines génératrices par des moteurs à essence, qui doivent être exceptionnellement robustes et munis d'une régulation de vitesse rigoureuse. Il faut prévoir un matériel de secours complet et des changements périodiques de matériel au cours d'une émission.

Dans les postes à lampes triodes, afin de réduire les frais de remplacement des lampes très coûteuses, on a dû utiliser des lampes robustes, soumises à des tensions de plaque et surtout de chauffage rigoureusement constantes, et les compléter par des dispositifs automatiques de coupure pour parer aux surtensions dans l'un ou l'autre des circuits.

Des puissances d'émission différentes ont encore été prévues pour le jour et pour la nuit, afin d'obtenir sensiblement les mêmes portées dans les deux cas ; un groupe de lampes d'émission de rechange doit être constamment disponible et facilement substitué au groupe en service, en cas de rupture d'un filament de l'une d'elles.

Enfin les tensions d'alimentation des lampes doivent être modérées pour limiter les chances d'accidents du personnel et du matériel, et réduire le coût de la lampe ; nous avons été ainsi conduits à adopter, de préférence, des lampes à tension assez basse : 1.200 à 2.000 volts, en les groupant en parallèle en nombre convenable, plutôt que des lampes à haute tension ; le rendement s'en est trouvé amélioré.

Les expériences faites à Gris-Nez ont encore montré combien il est nécessaire, pour un radiophare fonctionnant sur

Digitized by Google

1.000 mètres de longueur d'onde, de purifier les ondes hertziennes produites avec beaucoup plus de soin qu'on n'a cherché jusqu'ici à purifier les ondes usuelles de faible longueur : 300 à 600 mètres ; cela tient à ce que les harmoniques supérieurs de ces dernières ondes ne peuvent gêner que des émissions de 200 mètres de longueur d'onde ou au-dessous, qui n'ont pas d'importance au point de vue du trafic commercial ou maritime, tandis que les harmoniques de l'onde de 1.000 mètres se pro-

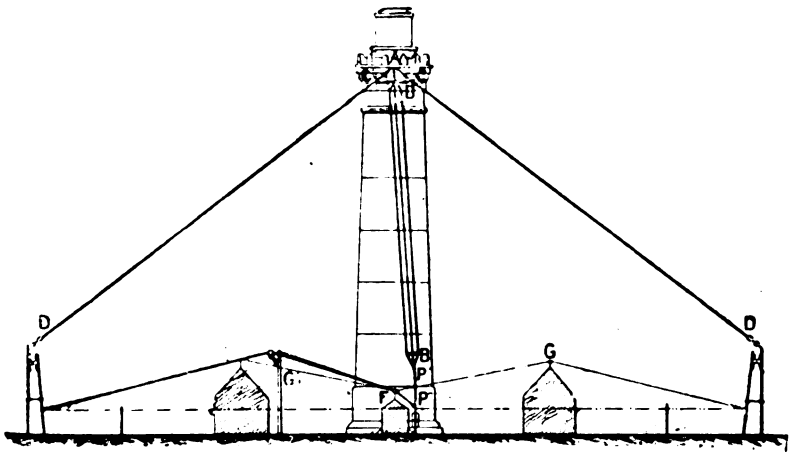


Fig. 2. — Vue en coupe verticale de l'antenne et du contrepoids du radiophare de Créach-d'Ouessant.
A, attache supérieure de l'antenne ; BB, harpe de montée d'antenne ; AD, AD', fils des deux nappes ; P', P'', fil d'entrée de poste ; F, isolateur central du contrepoids ; GG', isolateurs supportant les fils des deux nappes du contrepoids.

duisent sur 333 mètres et 500 mètres. La modulation est, comme on le sait, une cause de production d'harmoniques, soit parce qu'elle produit et interrompt brusquement la conductibilité des triodes au moment où varie le voltage, soit parce qu'on fait varier trop brusquement le voltage des plaques, par exemple par l'emploi d'ondes découpées ou par l'emploi d'alimentation directe en alternatif.

Nous avons donc été conduits, pour ces raisons, à adopter, sur le bateau-feu du Havre, une lampe intermédiaire dite excitatrice, qui, agissant sur le circuit de plaque, sert à l'entretien des oscillations de grille des lampes émettrices. Ces dernières

Digitized by Google

jouent simplement le rôle d'amplificatrices et peuvent ainsi travailler seulement dans les parties rectilignes de leurs caractéristiques, condition qui n'est pas possible dans le cas d'une réalisation de l'auto-excitation directe.

Dans les autres établissements, il a paru plus simple et plus général, comme solution, d'interposer un circuit oscillant intermédiaire entre les plaques des lampes émettrices et l'antenne ; ce circuit oscillant formé par un condensateur et une self, dont on attaque un point par les plaques chargées, au moyen de la source de courant (avec interposition d'une bobine d'arrêt), est bien connu des sans-filistes.

Le fonctionnement automatique. — Pour assurer les conditions spéciales d'émission que nous avons exposées on a dû réaliser des appareils automatiques, non seulement pour la production des signaux, mais aussi pour la commande des machines.

Dans le radiophare du type de port, représenté par le bateau-feu du Havre, le groupe caractéristique est répété constamment, parce que le navigateur qui entre dans un port doit repérer sans cesse sa position.

Le manipulateur automatique est constitué par un appareil à quatre cames, tournant constamment, qui diffère peu du type que nous avons réalisé en 1912.

Dans les radiophares qui ne doivent fonctionner qu'au début de chaque quart d'heure, en temps de brume, tels que les radiophares de Gris-Nez et de Sein, on ajoute au manipulateur précédent une cinquième came, dont la révolution complète a une durée de six minutes et qui provoque l'arrêt du manipulateur lorsque l'émission, dont la durée est également de six minutes, est terminée. La mise en marche est provoquée par une horloge.

Enfin, dans le radiophare d'Ouessant, qui doit assurer, en temps clair, des émissions de grande puissance au commencement de chaque heure pendant cinq minutes et ajouter à ces émissions, en temps de brume, d'autres émissions de plus faible portée au début de chaque quart d'heure, le même récepteur d'horloge électrique agit sur deux circuits différents, respecti-

Digitized by Google

vement par une came des heures et par une came des quarts d'heure.

Le premier circuit provoque le démarrage du groupe électrogène par la batterie d'accumulateurs, puis l'émission, pendant six minutes, des ondes de grande puissance reproduisant l'indicatif, enfin l'arrêt du système. Le deuxième circuit, utilisé quand le groupe électrogène tourne constamment, provoque l'émission de l'indicatif par ondes de petite puissance et les durées de silence intermédiaires de neuf minutes.

On peut juger, par ce qui précède, des grands efforts qui ont été faits depuis 1912 par le Service des phares, qui, comme le rappelait le regretté directeur Ribière, en 1908, à la commission interministérielle de T.S.F., a eu l'initiative, en matière de radiophares et de radiogoniométrie (1), pour faire profiter la navigation maritime de tous les progrès que peut réaliser, dans la signalisation des côtes, l'emploi de la radiotélégraphie ; d'autres progrès sont, d'ailleurs, en cours d'études en vue d'une simplification du matériel employé, afin d'en permettre la plus rapide généralisation.

La création d'un réseau de radiophares resterait stérile si, d'autre part, les navigateurs n'installaient pas sur leurs navires les radiocompas nécessaires pour utiliser leurs indications, c'est-à-dire pour relever la direction des radiophares.

Le radiogoniomètre est, d'ailleurs, indispensable pour permettre à un navire de déterminer la direction d'un autre navire, soit pour éviter les risques de collision entre des bâtiments naviguant en sens inverses sur la même route, soit pour se porter rapidement au secours d'un navire en détresse. Il ne faut pas compter, en effet, que celui-ci puisse toujours transmettre son point par T.S.F. en cas de sinistre ; et même, s'il le transmet, l'expérience a prouvé que, bien souvent, ce point n'est pas donné assez exactement pour fournir une indication aussi précise que la radiogoniométrie.

---

(1) Voir nos brevets américains nos 783.923, 783.992 et 824.682 de 1900 et anglais no 11.427 de 1902 (cadre radiogoniométrique), et la Notice sur les travaux du service des phares exposés à l'exposition franco-britannique de 1908.

Digitized by Google

S'inspirant de ces considérations, dès le 2 mai 1922, M. Babin, directeur des phares et balises, signalait au directeur des Services du travail et de l'enseignement maritime au sous-secrétariat des ports, de la marine marchande et des pêches, l'opportunité d'imposer aux navigateurs l'installation de radiogoniomètres de bord.

Si l'administration n'a pas cru possible, jusqu'ici, d'introduire cette obligation dans la réglementation de la T.S.F. à bord des navires, ce n'est pas qu'elle en méconnaisse l'importance et l'utilité, mais elle craint, en imposant de nouvelles charges à l'armement français, de le mettre en état d'infériorité vis-à-vis de ses concurrents étrangers, tant qu'une entente internationale ne sera pas intervenue pour formuler cette nouvelle obligation.

L'emploi de la T.S.F. à bord des navires de commerce et de pêches, au point de vue de la sécurité maritime, a été réglementé par un décret du 6 avril 1923 et circulaire du 7 septembre 1923 du sous-secrétariat des ports.

On s'est préoccupé de donner aux navires la possibilité de lancer et de recevoir le signal S O S, en répartissant les navires en trois catégories suivant les obligations à leur imposer pour sauver les navires en détresse, d'après leurs moyens d'action; l'article 51 stipule que le capitaine a l'obligation de se rendre à l'appel de tout navire en danger, obligation déjà inscrite dans la convention de Londres, du 20 janvier 1914 (1).

L'avenir. — Les trois types de radiophares qui ont été décrits dans le présent article ne sont pas les seuls dont le service des

(1) *Première catégorie :* navires de plus de 2.000 tonnes, ou cinquante hommes à bord, ou douze passagers. Elle se répartit en trois classes, suivant l'importance et la vitesse. L'écoute est permanente pour la première classe, temporaire pour la deuxième classe, quelconque pour la troisième classe.

Deuxième catégorie : navires de moins de 200 tonnes et plus de 500 tonnes, ou portant douze passagers ; ils doivent être munis de postes récepteurs.

Troisième catégorie : navires de moins de 500 tonnes. Aucune obligation sur les navires appartenant aux deux dernières catégories; le service est assuré par un opérateur breveté, assisté d'un ou deux agents écouteurs, respectivement pour la deuxième et la première classes.

Digitized by Google

phares envisage actuellement l'utilisation, mais ils ont l'avantage d'être parfaitement au point, ainsi que l'ont démontré les réceptions qui ont été faites des signaux par les services de l'aviation, des P.T.T. et de la marine. C'est ainsi que, lorsque le transatlantique *la France* ramenait, il y a quelques mois, des États-Unis la mission financière française, ce navire a pu relever très facilement sa position par rapport à l'île d'Ouessant, au moyen de son radiogoniomètre de bord, à plus de 180 milles du phare de Créach. Tout le littoral français peut être doté bientôt, sans aucun aléa, d'un réseau complet de radiophares, défini par le programme exposé plus haut, si les crédits nécessaires sont votés.

L'état actuel de nos finances n'est malheureusement pas très favorable, mais il faut espérer que le parlement trouvera les ressources suffisantes (350.000 francs), pour réaliser, en 1926, une modeste tranche dudit programme.

Les commissions des finances de la chambre et du sénat ont indiqué, du reste, que l'on pourrait se procurer des ressources, pour le fonctionnement et le développement de l'éclairage et du balisage des côtes, par l'établissement, sur la navigation maritime, d'un « droit de feu » analogue à celui qui est perçu, depuis plusieurs siècles, sur les côtes anglaises.

Déférant à cette indication, le ministère des travaux publics (sous-secrétariat des ports) a préparé, en mai dernier, un projet de loi réorganisant sur ces bases le service des phares et balises. Il faut espérer qu'une décision ne tardera pas à être prise, qui permettra d'accroître la sécurité de nos côtes.

Digitized by Google

LA CONFÉRENCE TÉLÉGRAPHIQUE DE PARIS, (1925)

Par E. BROIN,
directeur de l'Exploitation télégraphique,
vice-président de la conférence.

La convention télégraphique internationale de Saint-Pétersbourg prévoit, en son article 15, que les tarif et règlement y annexés « seront soumis à des révisions où tous les États ayant adhéré à l'Union télégraphique peuvent se faire représenter ». A cet effet, des conférences administratives ont lieu périodiquement, chaque conférence fixant elle-même le lieu et l'époque de la réunion suivante. La dernière conférence télégraphique, qui s'est tenue à Lisbonne en 1908, a décidé que le prochain congrès se réunirait à Paris dans le courant de l'année 1915.

Par ailleurs, l'Union constituée pour régler les questions de radiotélégraphie maritime, qui s'est réunie à Londres en 1912, a décidé de réviser ses convention et règlement dans une conférence qui se tiendrait à Washington en 1917.

En raison de la guerre, ni l'une ni l'autre des réunions prévues ne purent avoir lieu; mais, aussitôt après l'armistice, les principales puissances alliées et associées songèrent à reprendre les traditions interrompues. En même temps, elles envisagèrent de fondre en une seule les deux Unions télégraphique et radiotélégraphique et de préparer une convention nouvelle et un règlement nouveau applicables à tous les modes de correspondance électrique. Dans ce but, et sur l'invitation du gouvernement américain, les représentants des États-Unis, de la France, de la Grande-Bretagne, de l'Italie et du Japon se réunirent à Washington en 1920 et élaborèrent :

1° un projet de convention, qui réunit dans un acte unique

Digitized by Google

les dispositions concernant la télégraphie et la radiotélégraphie ;

2° un projet de réglementation, fixant la procédure et les règles de service applicables aux divers moyens de communication ;

ces documents devaient servir de base pour l'établissement des propositions de modification que les offices faisant partie des Unions télégraphique et radiotélégraphique auraient à présenter à la conférence fusionnée.

Les pourparlers engagés en vue d'arriver à un accord sur la date à laquelle aurait lieu cette conférence et sur le choix de la ville où elle se tiendrait n'ayant pas abouti, le gouvernement français estima qu'il y avait lieu de s'en tenir aux décisions prises à Lisbonne en 1908 et de convoquer à Paris, en 1925, la *Conférence télégraphique internationale* qui aurait dû se réunir en 1915.

Cette conférence s'est tenue au palais de la Sorbonne du 1er septembre au 29 octobre 1925 dans les locaux du Conseil académique et les salons de réception que M. le recteur de l'université de Paris avait bien voulu mettre à la disposition de l'administration des P. T. T..

Quatre-vingts offices, appartenant aux différents États qui constituent l'Union télégraphique universelle, s'étaient fait représenter. Les compagnies de câbles et les compagnies de T. S. F. avaient été invitées à assister aux délibérations ; elles étaient représentées au nombre de quarante-cinq. En outre, et sur la demande du secrétaire général du conseil de la Société des nations, un représentant de cet organisme international a été admis à assister aux séances de la conférence.

* * *

En raison du nombre très élevé de propositions (1.182) qui lui étaient soumises, et alors que les adhérents ne s'étaient pas réunis depuis dix-sept années, la conférence avait devant elle une tâche extrêmement ardue. Pour y faire face au mieux, elle la répartit entre cinq grandes commissions, indiquées ci-après :

Digitized by Google

commission de la convention,
commission des tarifs,
commission du règlement,
commission des téléphones,
commission de rédaction.

En outre, pour faciliter leur travail, certaines de ces commissions constituèrent des sous-commissions, dont la plus importante, en raison de la nature des questions qu'elle avait à mettre au point, fut celle des tarifs et du langage convenu.

La conférence a tenu huit séances plénières, et les commissions quarante et une séances se répartissant comme il suit :

commission de la convention :	3	séances,
— des tarifs :	10	—
— du règlement :	12	—
— de rédaction :	8	—
— des téléphones :	8	—

Nous examinerons seulement ici les principales questions qui sont venues en discussion, et parmi lesquelles il convient de placer en premier lieu la révision de la convention télégraphique internationale de Saint-Pétersbourg, en second lieu les conditions du langage convenu, en troisième lieu les tarifs.

*
* *

Révision de la convention de Saint-Pétersbourg.

Avant d'examiner les propositions relatives à une modification de la convention, qui constitue depuis 50 ans la charte de l'Union télégraphique, la question s'est posée de savoir si la conférence de Paris avait le pouvoir de procéder à ce travail.

Certains pays pensaient qu'il suffirait d'interpréter les dispositions actuelles sans y rien changer ; d'autres émirent l'opinion qu'une conférence purement administrative n'avait pas le pouvoir de modifier un texte diplomatique et que d'ailleurs la plupart des administrations n'étaient pas prêtes à examiner une question de cette importance, qui ne figurait pas au programme de la conférence. Mais tous les délégués furent d'accord pour

Digitized by Google

reconnaître que la convention de 1875 était déjà, en raison des divers motifs, insuffisante pour remplir son objet propre.

Depuis 1875, le nombre des adhérents à l'Union s'est considérablement accru et elle comporte maintenant une très grande proportion d'États extra-européens, ce qui change nécessairement son caractère. Elle était, au début, essentiellement et d'abord européenne. Elle est devenue aujourd'hui véritablement mondiale.

D'autre part, le service télégraphique a pris rapidement une extension qu'on n'aurait pas osé espérer il y a cinquante ans, et il a dû s'adapter à des besoins nouveaux amenés par le développement et la continuelle évolution des rapports économiques.

D'autre part encore, l'expérience a mis en lumière que certaines dispositions toujours valables gagneraient à être précisées.

Enfin la convention de 1875 présente des lacunes du fait qu'elle ne vise pas les nouveaux services créés depuis cinquante ans : téléphone, radiotélégraphie, etc...

C'est dans ces conditions et pour ces motifs que la conférence prit en considération une proposition qui s'inspirait des idées exprimées par la délégation de la France et qui tendait :

1° à l'introduction, dans la convention télégraphique, des dispositions de la convention radiotélégraphique ;

2° à la réunion d'une conférence comprenant les membres des deux unions et qui serait chargée de rédiger les nouveaux textes concernant l'ensemble des services télégraphique et radiotélégraphique ;

en conséquence, elle adopta, à l'unanimité, le vœu reproduit ci-dessous :

« La conférence émet le vœu que les gouvernements con-
« tractants prennent en considération, après la conférence
« radiotélégraphique de Washington, les meilleurs moyens de
« modifier la convention de Saint-Pétersbourg et d'y introduire
« les dispositions qui font l'objet de la convention radiotélégra-
« phique par un congrès ayant les pouvoirs nécessaires. Elle

Digitized by Google

« exprime l'espoir que la conférence de Washington serait à « même d'émettre un vœu semblable.

« L'administration française est chargée de porter ce vœu « à la connaissance des gouvernements contractants et de la « conférence radiotélégraphique ».

*
* *

Langage convenu.

Dans de nombreuses relations, particulièrement lorsqu'elles comportent l'emploi de câbles sous-marins ou de lignes de T. S. F., les taxes télégraphiques sont relativement élevées. En vue de réduire autant que possible les frais que leur impose l'application de ces taxes et, subsidiairement, en vue d'assurer le secret de leur correspondance, les expéditeurs ont recours au langage convenu pour la rédaction de leurs télégrammes.

Le langage convenu est celui dans lequel chaque mot représente une ou plusieurs phrases, dont la signification est donnée par un code déterminé.

Le choix de ces mots a, depuis longtemps, suscité des difficultés entre le public et les administrations. Aussi la conférence réunie à Paris en 1890 décida-t-elle de charger le Bureau international de dresser un vocabulaire des mots qui pourraient être utilisés pour la rédaction des télégrammes en langage convenu.

L'obligation d'utiliser un vocabulaire officiel, qui contenait cependant 256.000 mots judicieusement choisis pour les usages télégraphiques, souleva de très vives récriminations de la part des chambres de commerce de France, de Grande-Bretagne, des États-Unis, etc..., suscitées par les fabricants de codes, dont l'industrie est, dans les pays anglo-saxons, extrêmement florissante. Les compagnies de câbles n'étaient d'ailleurs pas, dans cette question, disposées à soutenir les vues des administrations d'État.

La conférence de Londres (1903) se trouva en présence d'un deuxième vocabulaire officiel, contenant 1.176.000 mots, puisés

Digitized by Google

dans tous les codes communiqués par les intéressés au Bureau international.

Mais un mouvement d'opinion très vif avait pris naissance dans les cercles commerciaux d'Angleterre et des États-Unis et avait gagné jusqu'à la France. On signala l'impossibilité pratique, pour les bureaux télégraphiques, d'exercer une vérification des mots du langage convenu, à moins de pourvoir chaque bureau d'un exemplaire du vocabulaire pour le contrôle des télégrammes en langage convenu, ce qui retarderait les correspondances. On fit valoir, en outre, que certaines expressions, acceptées par quelques compagnies de câbles, bien qu'étant irrégulières, étaient mieux adaptées aux exigences du monde commercial et plus faciles à transmettre que beaucoup de mots figurant au vocabulaire.

Pour tenir compte de cet état d'esprit, plusieurs administrations déclarèrent s'opposer à l'emploi obligatoire du vocabulaire officiel.

Après de nombreux débats sur cette question, la conférence de Londres adopta une nouvelle définition du langage convenu, aux termes de laquelle étaient admis pour la formation de ce langage, en outre des mots n'ayant pas plus de 10 caractères appartenant à huit langues choisies par l'Union, des mots *artificiels* de même longueur formés de syllabes pouvant se prononcer selon l'usage de l'une de ces huit langues.

Dès l'application de ces règles, des abus ne tardèrent pas à se produire : les fabricants de codes firent entrer dans leurs ouvrages des expressions qu'il était à peu près impossible de prononcer et dont la transmission présentait de grandes difficultés. En outre, des expéditeurs s'ingénièrent, malgré l'interdiction faite par le règlement, à employer des mots convenus formés par la réunion abusive de mots du langage clair.

C'est dans le but de remédier à cette situation que diverses propositions furent soumises à la conférence de Lisbonne (1908). L'entente n'ayant pu se faire, la conférence décida qu'il convenait de maintenir les règles fixées par la conférence précédente, mais en précisant que les *syllabes* employées pour la formation

Digitized by Google

des mots artificiels devraient pouvoir se prononcer selon l'usage courant d'une des huit langues autorisées. Elle décida, en outre, d'accorder au public la faculté de soumettre à l'approbation de l'Union télégraphique les codes dont il désirait faire usage, afin d'obtenir l'assurance que ces ouvrages étaient conformes aux dispositions réglementaires.

Les nouvelles règles applicables au langage convenu furent fixées par l'article VIII du règlement. Cet article définit ainsi le langage convenu : « celui ne formant pas de phrases compréhensibles dans une ou plusieurs des langues autorisées pour la correspondance télégraphique en langage clair. »

Le règlement ajoute que, pour être considérés comme appartenant au langage convenu, les mots doivent satisfaire à quatre conditions :

1° les mots, qu'ils soient réels ou artificiels, doivent être formés de syllabes pouvant se prononcer selon l'usage courant d'une des langues allemande, anglaise, espagnole, française, hollandaise, italienne, portugaise ou latine;

2° les mots de ce langage, même s'ils sont réels, ne peuvent avoir une longueur supérieure à 10 caractères;

3° les lettres accentuées ä, á, å, é, ñ, ö, ü, ne peuvent être admises dans la formation des mots artificiels;

4° enfin les combinaisons artificielles ne doivent pas être formées par la réunion de deux ou plus de deux mots du langage clair contraire à l'usage de la langue.

L'observation de ces diverses conditions est réglementairement sanctionnée par le fait que les combinaisons qui ne satisfont pas aux trois premières « doivent être considérées comme appartenant au langage en lettres ayant une signification secrète et être taxées à raison de 5 caractères pour un mot », et que celles qui contreviennent à la dernière des quatre conditions sont refusées ou taxées pour tous les mots abusivement réunis.

Cet ensemble de dispositions, qui constitue le statut du langage convenu, a donné lieu dans la pratique à des difficultés fréquentes et sérieuses aussi bien pour les administrations que pour le public.

Digitized by Google

La première des conditions précitées (et elle est essentielle) est couramment méconnue. Les offices d'État et aussi les compagnies ont admis dans la pratique journalière des mots satisfaisant de moins en moins à l'obligation de la « prononçabilité », laquelle, d'ailleurs, il faut bien le reconnaître, est, pour les préposés, d'un contrôle difficile, car il est toujours possible à un expéditeur d'affirmer que tel mot, qui n'est pas prononçable dans la langue de l'agent taxateur, l'est facilement selon l'usage courant d'une des autres langues admises. Quoi qu'il en soit, on en est arrivé, aujourd'hui, à admettre, sans discussion, des mots dont la prononçabilité et la lecture sont quelquefois impossibles. La liste suivante, qui a été relevée d'après une liasse de télégrammes de passage empruntée au poste central des télégraphes de Paris, donne une idée des abus qui sont aujourd'hui constamment pratiqués et tolérés :

beataajujm	buphmfvpcl	okiqjfiezk	atusfmyvas
leyzkpewdr	fujvuicpwu	etrrmeveem	klaxsjlobs
efmulmyjee	metrlikise	qmyeoqbykv	biencvcegy.

Une telle situation ne peut évidemment durer. Elle offre le triple inconvénient :

1° d'imposer au personnel taxateur, et surtout au personnel de transmission et de réception, une fatigue excessive ;

2° d'être onéreuse pour les exploitants, du fait que le langage à dix caractères correspond à la même taxe que celle du langage clair qui, en moyenne, ne compte que sept caractères ; et aussi du fait qu'elle exige, à chaque transmission, le collationnement partiel ou total ;

3° enfin, de compliquer le service, du fait des erreurs qui se produisent et des rectifications qui s'ensuivent.

Différentes solutions ont été envisagées pour remédier à un semblable état de choses, qui a le grave inconvénient, à l'heure actuelle, d'affecter non seulement la presque totalité de la correspondance du régime extra-européen, mais encore celle du régime européen, dans lequel s'étend de plus en plus l'emploi du langage convenu.

Digitized by Google

La première de ces solutions consiste à faire une application rigoureuse des dispositions réglementaires. Nous avons dit plus haut combien l'observation de ces dispositions est difficile et précaire. En outre, il faut le reconnaître, les habitudes sont aujourd'hui tellement prises, qu'on ne doit attendre que peu de résultats de cette mesure, tout en risquant le danger d'infliger à la clientèle des incommodités qu'elle n'admettra pas facilement. Au reste, le resserrement des pratiques en vigueur ne remédierait pas à l'insuffisance du tarif consenti au langage convenu. Enfin il serait sans effet suffisant pour améliorer le travail du personnel et diminuer les complications du service.

Pour ces motifs, certaines délégations ont envisagé une solution radicale, éminemment logique et efficace. Le principe en est de ne plus admettre que deux langages pour la rédaction des télégrammes internationaux :

1° le langage *clair*, défini comme ci-dessus ;

2° le langage *secret*, formé de combinaisons limitées à cinq caractères et représentant des groupes de lettres dans un ordre quelconque ou des groupes de chiffres.

Une solution de ce genre répond, de toute évidence, à ce qu'on peut désirer. Mais il y a lieu de tenir compte de l'influence que sa réalisation pourrait avoir sur les tarifs et sur les recettes.

Deux solutions ont été envisagées à ce sujet :

La première consisterait à *taxer seulement pour un demi-mot les groupes de 5 caractères* du langage convenu nouveau. Si de pareilles bases de taxation étaient adoptées, on ne pourrait plus appliquer un tarif différent aux mots du langage clair, beaucoup plus facile à transmettre, qui ne compte que 5 caractères ou moins de 5 lettres, et aussi aux mots du langage chiffré composé de groupes de 5 chiffres ou moins de 5 chiffres. Le résultat serait une réduction générale des recettes, dont on ne peut prévoir l'importance.

La seconde solution consisterait à *taxer pour un mot chaque groupe* de 5 caractères du langage convenu. Mais alors la clientèle subirait, du fait de ce nouveau mode de taxation,

Digitized by Google

une augmentation très appréciable, si cette augmentation n'était pas atténuée en même temps par une modération des taxes élémentaires concourant à la formation du tarif.

La conférence se trouvait donc en face de trois solutions possibles, entre lesquelles il lui fallait faire un choix :

1° la simple amélioration dans ses détails du système 1903-1908, en ajournant à plus tard sa réforme complète ;

2° une modification du système avec une légère diminution, dans le régime extra-européen, de la taxe du mot ;

3° une modification du système tendant à compter pour un demi-mot le groupe secret de 5 caractères.

Dans ces conditions, la délégation de la France proposa que le soin d'éclairer la conférence sur le choix de la solution à retenir et d'en indiquer les modalités fût remis à un « comité d'étude », où seraient représentées, par un ou deux délégués, les administrations d'État et les compagnies qui ont soumis sur la question des avis ou propositions développés. Cette proposition fut adoptée à l'unanimité des États représentés. Le comité commença immédiatement ses travaux.

La conférence ne pouvait d'ailleurs prendre d'autre décision, en raison de ce que les données manquaient à plusieurs délégations pour juger de la portée financière des systèmes comportant la substitution, aux langages convenu et secret taxés respectivement à raison de 10 et 5 caractères par mot, d'un *seul* langage secret, taxé par 5 caractères.

*
* *

Tarifs.

En raison des événements survenus depuis la conférence de Lisbonne et de la hausse générale des prix qui s'est manifestée aussi en ce qui concerne les frais d'exploitation du service télégraphique, il était à prévoir que des efforts seraient tentés devant la conférence de Paris en vue de l'amener à relever les taxes, notamment celles des petits États.

Ces prévisions se sont réalisées. Certains pays, classés

Digitized by Google

dans la catégorie des petits États, n'avaient d'ailleurs pas attendu les décisions de la conférence et s'étaient d'office attribué les mêmes taxes terminales et de transit que celles qui sont fixées par le règlement pour les grands États. Quelques-uns de ces derniers, de leur côté, proposaient un relèvement général des taxes pour tous les pays.

En fait, dès le début, la commission des tarifs s'est trouvée en présence de deux courants d'opinion : la majorité des administrations désirant augmenter leurs taxes pour raisons d'ordre budgétaire, alors que d'autres, moins nombreuses et soutenues par les compagnies de câbles, voulant sauvegarder les intérêts du public, se montraient hostiles à toute augmentation.

La tâche difficile de chercher à concilier ces deux points de vue fut confiée à la sous-commission qui était chargée d'examiner la question du langage convenu. Après avoir étudié longuement et minutieusement le problème sous toutes ses faces, la sous-commission a pensé qu'elle devait envisager l'augmentation des taxes élémentaires autorisées par le règlement de Lisbonne, qui ne sont plus en rapport avec les prix de revient. Elle a cru, cependant, qu'il était de l'intérêt général, au point de vue économique, de maintenir les relèvements dans des limites aussi serrées que possible, afin que l'application des nouvelles taxes n'ait pas d'influence sensible sur le volume du trafic international.

A. Régime européen. — Tenant compte de ces considérations, la sous-commission admit la division des pays européens en trois groupes seulement pouvant appliquer les taxes suivantes :

1er groupe : Allemagne, Espagne, France, Grande-Bretagne, Italie : taxe terminale : 12 centimes ; taxe de transit : 7 centimes ;

2e groupe : Islande, Norvège, Pologne, Suède : taxe terminale : 10 centimes ; taxe de transit : 7 centimes ;

3e groupe : tous les autres pays : taxe terminale : 9 centimes ; taxe de transit : 7 centimes.

Il y a lieu de remarquer que se trouve ainsi réalisée l'unification des taxes de transit pour tous les États.

Digitized by Google

En ce qui concerne l'U.R.S.S. et la Turquie, leurs taxes furent fixées ultérieurement comme il suit :

U.R.S.S. : taxe terminale : 35 centimes ; taxe de transit : 30 centimes ;

Turquie : taxe terminale : 30 centimes ; taxe de transit : 24 centimes.

B. Régime extra-européen. — A la conférence de Lisbonne (1908), l'office britannique proposa l'assimilation des taxes du régime extra-européen à celles du régime européen. Cet office se basait sur la similitude complète des opérations que nécessite la transmission des télégrammes extra-européens et celle des télégrammes européens, ainsi que sur les réductions qu'avaient consenties, depuis quelque temps déjà, les compagnies de câbles. Mais, en raison de la répercussion qu'aurait eue l'adoption de cette proposition pour les finances des États, un certain nombre de délégations déclarèrent que leurs administrations désiraient ne pas modifier leurs taxes.

Devant la conférence de Paris, la question de la fixation des taxes applicables dans la correspondance du régime extra-européen ne souleva aucune discussion. La sous-commission des tarifs, qui s'était précédemment prononcée contre l'unification des taxes des deux régimes, proposa les taxes maxima suivantes pour les pays d'Europe, en ce qui concerne leur correspondance extra-européenne :

a) taxe terminale : 20 centimes ; taxe de transit : 15 centimes ; pour l'Allemagne, l'Espagne, la France, la Grande-Bretagne et l'Italie ;

b) taxe terminale : 15 centimes ; taxe de transit : 10 centimes ; pour tous les autres États, non compris la Turquie et l'U.R.S.S., auxquelles on accordait la liberté de taxes.

La commission adopta ces propositions avec une seule modification, demandée par le bloc des petits États, qui désirait voir porter de 10 à 12 centimes la taxe de transit.

Dispositions diverses relatives aux tarifs. — La conférence

Digitized by Google

a donné une nouvelle définition du franc, conforme à celle adoptée par le congrès postal de Stockholm.

D'autre part, elle a introduit, parmi les éléments qui constituent la taxe à percevoir sur le public, ceux qui se rapportent à la taxe afférente au parcours radioélectrique. Il a été admis que, dans le régime européen, cette taxe ne pourrait être inférieure au montant des taxes télégraphiques qui seraient dues aux administrations de transit si le trafic avait été échangé par la voie télégraphique la moins coûteuse. Cette disposition a pour but de poser le principe de l'égalité de taxe entre les voies télégraphique et radiotélégraphique dans le régime européen.

Les autres prescriptions du règlement de Lisbonne concernant la perception des taxes n'ont subi que de légères modifications destinées à en préciser le sens.

*
* *

Langue officielle de l'Union télégraphique.

Jusqu'à présent, la langue française seule a été la langue officielle de l'Union télégraphique ; c'est en français qu'ont eu lieu les discussions des conférences et qu'est rédigé le *Journal de l'Union télégraphique* publié par le Bureau international.

Le Japon saisit la conférence de Paris d'une proposition, qui fut appuyée par la Chine, tendant à l'adoption de la langue anglaise comme langue officielle au même titre que la langue française, et à son emploi, concurremment avec celle-ci, pour la rédaction des correspondances, documents, etc... se rapportant à l'Union télégraphique.

Devant la conférence, la délégation japonaise, après avoir rendu hommage à la langue française, développa les motifs qui l'amenèrent à présenter sa proposition ; elle se basa sur ce fait qu'au Japon et dans presque tous les pays de l'extrême orient, la langue anglaise est prédominante ; elle fit, en outre, état de ce que cette langue a été utilisée pour la rédaction d'actes diplomatiques consécutifs à la guerre.

La délégation de l'Irlande s'est opposée très énergiquement

Digitized by Google

à l'adoption de cette proposition, « la langue française étant beaucoup plus claire que la langue anglaise ».

De son côté, la délégation de l'Allemagne a soutenu qu'il serait peu pratique, pour la bonne marche des discussions dans les congrès, d'adopter plus d'une langue. La langue française a toujours répondu aux besoins et doit être conservée comme langue internationale. Par ailleurs, la publication des documents en plusieurs langues entraînerait des frais considérables d'impression et de traduction. Le délégué de l'Allemagne a ajouté que, si d'autres langues devaient être admises comme langues officielles, il proposerait l'allemand.

La délégation de l'Italie a parlé dans le même sens et réclamé l'admission de la langue italienne comme langue officielle, dans le cas où la langue anglaise serait adoptée. La délégation espagnole a demandé le même avantage pour la langue parlée dans son pays et dans l'Amérique centrale.

La proposition du Japon a été finalement repoussée.

*
* *

Service télégraphique.

Télégrammes d'État. — L'article 5 de la convention de St-Pétersbourg définit ainsi les télégrammes d'État : « ceux qui émanent du chef de l'État, des ministres, des commandants en chef des forces de terre et de mer, et des agents diplomatiques ou consulaires, des gouvernements contractants, ainsi que les réponses à ces mêmes télégrammes ».

D'autre part, ladite convention stipule que, dans la transmission, les télégrammes d'État jouissent de la priorité sur les autres télégrammes.

Plusieurs offices avaient déposé des propositions tendant à modifier le régime des télégrammes d'État.

Devant la conférence, on fit, en effet, remarquer que tous les télégrammes d'État ne présentaient pas un caractère d'urgence, certains devant être transmis sans aucun délai, alors que pour d'autres un léger retard n'entraîne pas d'inconvénients.

Digitized by Google

Dans ces conditions, on demanda que les télégrammes d'État réellement urgents fussent revêtus, par les autorités expéditrices, seules qualifiées pour apprécier le degré d'urgence, d'une mention ad hoc. Ces correspondances seraient alors, comme les télégrammes privés urgents, soumises à la triple taxe.

La délégation française, tout en insistant énergiquement pour qu'il soit fait une discrimination entre les télégrammes d'État, dont le nombre ne cesse de croître, et qui pourraient en grande partie être acheminés sans priorité sur les télégrammes ordinaires, s'est opposée à l'application d'une majoration de taxe, ce qui serait contraire à l'article 5 de la convention.

Une longue discussion s'est ouverte à ce sujet; la conférence a maintenu le *statu quo*, mais elle a admis que l'expéditeur d'un télégramme d'État peut renoncer à la priorité de transmission établie par la convention; dans ce cas, les télégrammes d'État seront transmis au même rang que les télégrammes privés non urgents.

Par la suite, et sur la proposition de l'Uruguay, appuyée par la délégation française, la conférence a décidé que le régime des télégrammes d'État s'étendra aux télégrammes qui émanent du secrétaire général de la Société des nations, ainsi qu'aux réponses à ces mêmes télégrammes.

A signaler le rejet d'une proposition qui demandait que les représentants commerciaux des gouvernements eussent le droit d'émettre des télégrammes d'État.

Télégrammes concernant la sécurité de la vie humaine. — En raison du but humanitaire des télégrammes relatifs à la sécurité de la vie humaine, la délégation française avait présenté une proposition tendant à leur accorder une priorité de transmission.

Cette proposition fut soutenue par la délégation des Pays-Bas, mais, avant de se prononcer, et dans le but de prévenir des abus possibles, la conférence exprima le désir d'être mise en présence d'une définition explicite de ce qu'il fallait entendre par « télégrammes relatifs à la sécurité de la vie humaine ».

La délégation de la France, d'accord avec celle de la Grande-

Digitized by Google

Bretagne, a proposé la définition suivante : « télégrammes relatifs à la sécurité de la vie humaine dans la navigation maritime ou aérienne ». Pour fixer les idées, un fonctionnaire du service de la navigation aérienne, attaché à la délégation française, pour la circonstance, en qualité d'expert, a cité quelques exemples se rapportant à la navigation aérienne dans lesquels les télégrammes de l'espèce devraient bénéficier de la priorité de transmission, et il a demandé que cette priorité soit absolue.

Après discussion, la conférence a admis la proposition française.

Télégrammes différés. — Le service des télégrammes différés à taxe réduite de 50 % a été mis d'abord en vigueur en 1912, à la suite d'arrangements particuliers, entre l'Allemagne, la France, la Grande-Bretagne et le Portugal, d'une part, et certains pays hors d'Europe, d'autre part.

Depuis, la presque totalité des administrations ou compagnies ont adhéré à ces arrangements, et il a paru nécessaire d'introduire dans le règlement international, en tenant compte des modifications suggérées par la pratique, les prescriptions qui régissaient à l'origine les télégrammes différés. Plusieurs offices avaient présenté, dans ce but, des propositions.

La conférence a accepté, pour donner satisfaction à une demande du Japon, d'ajouter aux langues du pays d'origine ou de destination, seules admises jusqu'à présent, avec le français, pour la rédaction des télégrammes différés, une ou deux langues désignées par les administrations de départ et d'arrivée.

Elle a admis que le texte des télégrammes différés pourrait comprendre, jusqu'à concurrence du tiers du nombre des mots taxés de ce texte, des nombres écrits en lettres ou en chiffres, des marques de commerce ou des expressions abrégées n'ayant pas de signification secrète. Enfin, et à titre exceptionnel, elle a autorisé l'emploi de groupes de quatre chiffres pour la rédaction du texte des télégrammes différés originaires ou à destination de la Chine. Cette nouvelle disposition a été adoptée sur la demande de l'administration chinoise, qui a fait remarquer que

Digitized by Google

la langue chinoise écrite ne peut être rendue dans les télégrammes qu'au moyen de groupes de quatre chiffres, représentant chacun un mot du langage clair.

Télégrammes de presse. — Aux termes des dispositions en vigueur, les télégrammes de presse ne sont transmis, sauf arrangement particulier, que de 6 heures du soir à 9 heures du matin. Plusieurs délégations, parmi lesquelles celle de la France, avaient proposé la suppression de ces dispositions restrictives, qui n'étaient plus compatibles avec les besoins actuels d'information, ainsi que l'acceptation des télégrammes de presse dans les mêmes conditions que les télégrammes ordinaires, c'est-à-dire pendant toutes les heures d'ouverture des bureaux télégraphiques. La conférence partagea cette manière de voir, consacrant ainsi une pratique qui s'était établie depuis quelque temps, à l'occasion de manifestations politiques, réunions diplomatiques, etc...

En outre, elle admit, sur la proposition de la Grande-Bretagne, l'insertion au tarif réduit, dans les télégrammes de presse, d'instructions ne devant pas être publiées, mais ayant trait à la publication de ces télégrammes. Le nombre de mots contenus dans la totalité des instructions peut s'élever jusqu'à 5 % du nombre des mots taxés du texte, sous réserve qu'il ne dépasse pas 10 mots.

D'autre part, la conférence accepta que les télégrammes de presse puissent contenir, à titre de citation, des passages rédigés en une langue autre que celles autorisées pour la rédaction de ces télégrammes.

Télégrammes à multiples destinations transmis par T.S.F.. — Les administrations de la France, de la Grande-Bretagne et de la Suisse ont présenté à la conférence des propositions ayant pour but de fixer les principes de la réglementation d'une nouvelle catégorie de correspondances, dites *télégrammes à multiples destinations transmis par T.S.F.*.

Le soin de fusionner ces propositions a été confié à une sous-commission, qui a d'abord résolu la question préjudicielle

Digitized by Google

de savoir si le soin d'élaborer la réglementation en question devait être laissé à la prochaine conférence radiotélégraphique, ou bien si la conférence de Paris pouvait en délibérer. La sous-commission a estimé que, s'agissant de la création facultative d'une nouvelle catégorie de correspondances, il appartenait à l'Union télégraphique d'introduire dans son règlement les principes concernant le dépôt, la rédaction, le régime tarifaire et les conditions de remise de ces télégrammes, étant entendu que la conférence radioélectrique pourrait, si elle le juge utile, compléter ces règles par des dispositions d'ordre purement radiotélégraphique.

Les télégrammes à multiples destinations transmis par T.S.F. doivent être constitués par des informations et nouvelles politiques, commerciales, etc..., et peuvent être rédigés en langage clair et en langage secret.

Ils sont transmis à heure fixe et peuvent être reçus directement par les stations réceptrices privées des destinataires, avec l'autorisation des administrations intéressées. Ces administrations fixent, chacune pour ce qui la concerne, les taxes à percevoir sur les expéditeurs ou les destinataires des messages dont il s'agit; lesdites taxes n'entrent pas dans les comptes internationaux.

Esperanto. — Un fort mouvement d'opinion s'est produit depuis quelque temps en faveur de l'admission de l'esperanto parmi les langues autorisées pour la correspondance télégraphique internationale en langage clair. De nombreuses chambres de commerce, tant en France qu'à l'étranger, et aussi la Société des nations, avaient émis des vœux dans ce sens.

La conférence a été saisie par la Hongrie et la Tchéco-Slovaquie de propositions concernant l'esperanto.

La délégation française a fait remarquer que l'esperanto était déjà admis comme langage clair dans le service intérieur de la France et a appuyé fortement les propositions.

Les délégués du Japon, de l'U.R.S.S., de la Chine, de la Belgique, de l'Espagne et de la Suède sont également intervenus en faveur de l'adoption de l'esperanto.

Digitized by Google

La conférence s'est prononcée dans le même sens.

Protection des câbles sous-marins. — A l'occasion de l'examen des dispositions du règlement concernant la sauvegarde des fils internationaux et des câbles sous-marins, les représentants des compagnies de câbles ont appelé l'attention de la conférence sur l'importance des dégâts causés aux câbles par les chalutiers et sur les interruptions de communications qui en résultent. Les compagnies ont, en conséquence, demandé à la conférence d'émettre le vœu que les gouvernements intéressés s'efforcent d'appliquer dans un délai aussi court que possible les résolutions adoptées par la conférence réunie à Londres en 1913 pour assurer la protection des câbles sous-marins.

Il convient de signaler que la question soulevée par les compagnies de câbles a déjà retenu l'attention de la commission préliminaire des communications qui s'est tenue à Washington en 1920 et qui a émis un vœu à peu près analogue. A cette époque, les experts français, à l'unanimité, furent d'avis qu'avant de modifier les décisions de la conférence de Londres de 1913 il fallait d'abord les appliquer. Malheureusement, des raisons diverses ont empêché jusqu'ici leur réalisation.

Quoi qu'il en soit, le vœu présenté à la conférence de Paris fut adopté, après toutefois que la délégation française en eut amendé les termes.

Création d'un comité consultatif des communications télégraphiques. — Ce comité sera chargé d'étudier les questions techniques et d'exploitation qui intéressent la télégraphie internationale, notamment en ce qui concerne la télégraphie à grande distance et les mesures propres à assurer le meilleur rendement des installations.

Le comité consultatif international des communications télégraphiques sera formé, pour chaque réunion, des experts des administrations qui viendront participer à ses travaux.

Le comité consultatif international des communications télégraphiques transmettra les avis qu'il émettra au Bureau

Digitized by Google

international en vue de leur communication aux administrations de l'Union.

Améliorations ou modifications diverses. — Indépendamment des principales questions qui viennent d'être examinées en détail, la conférence a révisé complètement le règlement ; parmi les nouvelles dispositions adoptées, il en est qui intéressent l'exécution du travail du personnel des administrations et l'amélioration des méthodes en vigueur, et d'autres qui concernent directement la clientèle. Ces dispositions sont mentionnées brièvement ci-après :

Extension aux communications sans fil des prescriptions applicables aux communications par fil ;

Faculté d'employer un mot de contrôle placé en tête du texte des télégrammes de banque et ceux analogues, sans que ce mot puisse changer le caractère d'un télégramme en langage clair ;

Suppression de la commission d'examen des codes télégraphiques, dont la constitution était prévue par le règlement de Lisbonne ;

Modification de la liste des indications éventuelles en conformité des dispositions réglementaires nouvelles ;

Transmission, dans tous les cas, sous la forme abrégée, des indications de service taxées, et remplacement, le cas échéant, de l'indication exprimée en langage clair par l'expéditeur, par l'abréviation correspondante ;

Admission, comme adresse d'un télégramme, du nom du destinataire suivi soit du numéro téléphonique d'appel de ce dernier, soit du numéro de sa boîte postale ;

Admission, dans les télégrammes à destination de la Chine, de groupes de 4 chiffres servant à désigner le nom du destinataire ;

Suppression de la faculté de composer l'adresse des télégrammes « poste restante » ou « télégraphe restant » avec des initiales, des chiffres, de simples prénoms ou des noms supposés ;

Les télégrammes sans texte ne seront plus admis ;

Obligation pour les administrations de faire usage d'une

Digitized by Google

adresse abrégée pour les télégrammes de service échangés entre elles ;

Création d'avis de service avec « priorité » en ce qui concerne le service des voies de communication ;

Non gratuité de la transmission des télégrammes ou avis de service se rapportant au service radiotélégraphique qui circulent sur les lignes des exploitations télégraphiques d'État ou privées ;

Admission pour un mot des expressions telles que 30^a, 30^b, 15/2, désignant des numéros d'habitation ;

Admission pour un mot, jusqu'à concurrence de 15 caractères, de nombres écrits en toutes lettres et dans lesquels les chiffres sont indiqués isolément ou par groupes : exemples : trentetrente (au lieu de trois mille trente), sixquatresix (six cent quarante-six), deuxpourcent (2 %) ;

Acceptation pour un mot, jusqu'à concurrence de 15 caractères, des noms de lieux, places, boulevards, rues, etc... groupés en un seul mot ; exemple : ruedelapaix ;

Adjonction de nouveaux signaux de transmission à la liste de ceux qui existent actuellement ;

Adoption de dispositions nouvelles précisant les règles à observer pour la transmission des nombres fractionnaires et autres groupements chiffrés ou littéraux sujets à confusion ;

Remaniement des indications relatives à l'ordre de transmission des télégrammes, compte tenu des nouvelles catégories créées depuis la conférence de Lisbonne (télégrammes de service urgents, télégrammes d'État non urgents, télégrammes différés) ;

Possibilité donnée aux expéditeurs, dans le cas où leur télégramme peut être acheminé par fil ou sans fil, d'indiquer la voie ayant leurs préférences ;

Obligation pour les administrations de faire distribuer immédiatement les télégrammes privés ne portant pas la mention « Nuit » si le caractère d'urgence est reconnu par le bureau d'arrivée ;

Création d'une nouvelle catégorie de télégrammes ne bénéficiant de l'urgence que sur une partie seulement du parcours ;

Introduction, dans l'indication de service se rapportant aux

Digitized by Google

télégrammes avec réponse payée, de la somme versée pour la réponse et non plus du nombre de mots payés pour cette réponse ; exemple : RP 3,05 (francs et centimes), au lieu de RP 8 (mots) ;

Suppression du remboursement d'office du montant des bons de réponse payée non utilisés ;

Possibilité de substituer une taxe forfaitaire, uniforme pour chaque État et perçue au départ, à la taxe variable suivant la distance qui est actuellement demandée pour les télégrammes à remettre par exprès ; les taxes d'exprès ne seront plus exclues des comptes, mais seront portées au crédit des offices destinataires ;

Emploi de la voie postale aérienne, entre un bureau télégraphique indiqué par l'expéditeur et le pays de destination ;

Remplacement de la taxe forfaitaire d'un franc par télégramme par une taxe de 20 centimes par mot, pour les télégrammes à échanger avec les navires en mer par l'intermédiaire des sémaphores ;

Incorporation, dans le règlement de Paris, des dispositions adoptées à la conférence radiotélégraphique de Londres (1912) relativement aux radiotélégrammes ;

Possibilité, pour l'expéditeur ou le destinataire d'un télégramme, de se faire délivrer des photographies de ce télégramme ou de la copie remise à l'arrivée, moyennant un prix fixé par l'administration qui les délivre ;

Simplification de la procédure actuelle en matière de remboursements de taxes et d'enquêtes télégraphiques ;

Remaniement complet des règles de comptabilité télégraphique, en vue de l'introduction des méthodes commerciales dans l'établissement et le règlement des comptes entre les offices.

Taxes accessoires. — En raison de l'augmentation des frais d'exploitation qu'entraînent les services auxquels ces taxes se rapportent, la conférence a décidé d'en relever les taux actuels dans des proportions variant de 60 à 100 %.

Digitized by Google

*
* *

SERVICE TÉLÉPHONIQUE.

Conversations « éclairs ». — La conférence a décidé que dès conversations « éclairs », ayant priorité sur toutes les autres conversations privées, peuvent être admises d'un commun accord entre les administrations intéressées. La taxe d'une conversation « éclair » est fixée au décuple, au moins, de la taxe afférente à une conversation ordinaire échangée durant la même période.

Conversations d'État. — Le nouveau règlement spécifie les autorités qui sont autorisées à demander des communications d'État, et précise les conditions d'admission de ces communications.

Les conversations d'État bénéficieront, de même qu'antérieurement, de la priorité et de la durée illimitée. Mais, au point de vue des taxes, il a été décidé qu'elles seraient assimilées aux conversations privées : taxe ordinaire ou triple taxe suivant le cas.

La nouvelle réglementation relative aux conversations d'État, plus précise et plus détaillée que l'ancienne, paraît devoir exclure toute difficulté d'interprétation. D'autre part, d'après le règlement de Lisbonne, l'admission des conversations d'État était facultative ; à l'avenir, les administrations seront tenues de les admettre. Il en résultera ainsi de plus grandes facilités de correspondance, pour les autorités autorisées à échanger des conversations de l'espèce.

Conversations par abonnement. — Le règlement de Lisbonne stipule que « Des communications à heures fixes peuvent être autorisées pendant la nuit par voie d'abonnement ».

Aux termes des nouvelles dispositions adoptées, des conversations par abonnement à heures fixes pourront être autorisées, non seulement la nuit, mais aussi le jour s'il n'en résulte aucun inconvénient pour le service en général.

Digitized by Google

Ces conversations seront soumises aux taxes suivantes :

a) pendant les périodes de faible trafic : la moitié de l'unité de taxe, au minimum ;

b) pendant les autres périodes : le triple de l'unité de taxe, au maximum.

Des conversations par abonnement de 3, 4, 5 minutes seront désormais accordées. D'après le règlement de Lisbonne, les conversations par abonnement étaient concédées seulement par périodes indivisibles de 3 minutes, avec durée minimum de 6 minutes. Le nouveau texte est donc plus équitable pour le public.

Le règlement de Paris contient, en outre, des clauses nouvelles destinées à préciser les cas où des compensations et des remboursements seront accordés aux titulaires des abonnements. Il prévoit enfin, au sujet de l'établissement des engagements afférents aux conversations par abonnement et des rectifications qui sont susceptibles de leur être apportées, des mesures de décentralisation et de simplification qui permettront de donner plus rapidement satisfaction aux désiderata des abonnés.

Tarifs. — Le règlement de Lisbonne ne fixe pas les taxes à appliquer aux communications téléphoniques. Cette lacune, surtout en ce qui concerne les tarifs de transit, est très préjudiciable au développement de la téléphonie internationale. En effet, pour les relations entre pays limitrophes, une entente s'établit, en général, assez facilement, car les deux pays ont également intérêt à organiser ces relations. Par contre, lorsque les relations à créer nécessitent l'intervention d'une ou de plusieurs administrations de transit, qui n'ont pas, d'ordinaire, intérêt à faciliter les échanges entre les pays extrêmes, les négociations sont, le plus souvent, longues et laborieuses. Ces difficultés s'accroîtront d'ailleurs au fur et à mesure de l'extension des relations à très longue distance et du nombre de plus en plus élevé des pays de transit dont l'intervention deviendra nécessaire. La fixation de bases de tarifs uniformes, que les administrations seraient tenues d'appliquer dans tous les cas, présentait

Digitized by Google

donc une importance capitale pour le développement de la téléphonie internationale.

Pour ces considérations, l'administration française avait formulé des propositions précises et détaillées en vue de la détermination des tarifs de transit. Suivant ces propositions, la taxe de transit devait être déterminée d'après la distance, mesurée à vol d'oiseau, entre les points d'entrée et de sortie du circuit utilisé sur le territoire du pays de transit, ou, le cas échéant, d'après la distance moyenne, mesurée à vol d'oiseau, entre les points d'entrée et de sortie des divers circuits utilisés pour le transit des communications.

Certaines délégations avaient en outre envisagé de fixer les taxes terminales. La question des tarifs a fait l'objet d'une étude très approfondie. La conférence estima, après échange de vues, qu'il n'était pas indispensable de fixer les *taxes terminales*.

En ce qui concerne les *tarifs de transit*, la plupart des délégations convinrent que leur détermination par la conférence présentait une importance primordiale pour le développement de la téléphonie internationale.

Mais des difficultés survinrent lorsqu'il s'agit de déterminer ces tarifs. A cet égard, des vues tout à fait divergentes furent exposées, et un accord sur ce point ne put être réalisé. Le texte adopté ne contient par suite que des dispositions de principe, sans indication de taux de taxes.

Aux termes du nouveau règlement, les tarifs internationaux continueront à être fixés par voie d'arrangement entre les administrations intéressées. Ce règlement précise toutefois que les taxes pourront être réduites pendant les heures de faible trafic, alors que, d'après le règlement de Lisbonne, la réduction ne pouvait être admise que durant les heures de nuit.

Au cours des débats, l'établissement de plusieurs échelons de taxes a été envisagé. Mais, en raison des différences d'heures entre les divers pays, il a été reconnu désirable, pour ne pas compliquer la tarification et les comptes de partage entre administrations, de fixer seulement deux échelons de taxes : l'une pendant les heures de fort trafic, l'autre pendant les heures de

Digitized by Google

faible trafic. Le soin de fixer les heures de faible trafic et les taxes réduites a été laissé aux administrations intéressées.

Mode d'application des tarifs. — Actuellement, l'unité adoptée pour la perception des taxes est la période indivisible de 3 minutes. Il s'ensuit qu'une conversation qui a duré 4 ou 5 minutes est taxée pour 6 minutes. Ce code de taxation est très préjudiciable au public, particulièrement en ce qui concerne les communications internationales à longue distance, dont les taxes sont généralement élevées.

Un système de taxation plus équitable résultera de la mise en vigueur des nouvelles dispositions suivantes :

« Toute conversation d'une durée égale ou inférieure à 3 minutes est taxée pour 3 minutes ».

« Lorsque la durée d'une conversation dépasse 3 minutes, la perception des taxes a lieu par minute pour la période excédant les 3 premières minutes ».

« Toutefois, dans les relations entre réseaux voisins de la frontière, les taxes sont perçues par périodes indivisibles de trois minutes. Les administrations intéressées déterminent ces relations d'un commun accord ».

La taxe par minute est le tiers de la taxe appliquée pour trois minutes ».

Le public trouvera grand avantage à l'application de cette importante mesure. Au delà de trois minutes, il ne payera en effet que la taxe afférente à l'utilisation réelle du circuit.

D'autre part, les avis émis par diverses délégations permettent de penser que le rendement financier des circuits ne sera pas sensiblement modifié, parce que certains abonnés, qui limitaient leur conversation à 3 minutes, n'hésiteront pas, par la suite, à la prolonger d'une ou de deux minutes.

Dans les relations de voisinage, le mode de taxation actuel a été maintenu eu égard au faible taux des taxes appliquées et aux difficultés qui pourraient se produire, pour la taxation par minute, dans les bureaux secondaires non pourvus de compteurs de durée et de calculographes.

Digitized by Google

En adoptant les nouvelles dispositions, qui ont pour objet de compter les conversations par minute au delà de 3 minutes, la conférence s'est appliquée à ne faire payer que le service rendu, ce qui est surtout appréciable dans le service international où les taxes sont élevées.

Mais, par contre, après avoir admis cette disposition dont la clientèle reconnaîtra l'équité, elle a édicté de nouvelles mesures qui ont pour résultat de faire payer par la clientèle un travail effectué sur sa demande, alors même que le travail de préparation des communications n'est pas suivi d'une conversation effective.

La question s'est posée aussi de savoir s'il convenait d'appliquer une taxe en cas de non-réponse du demandeur ou du demandé. Actuellement, aucune taxe n'est perçue en cas de non-réponse. Or un travail important a été effectué par le service téléphonique : il paraît juste de le rémunérer. Cette question a toutefois donné lieu à une controverse entre diverses délégations. En vue de concilier les thèses en présence, la conférence a finalement adopté un texte édictant que l'application d'une taxe, en cas de non-réponse, demeure subordonnée à une entente préalable entre les administrations intéressées.

Demandes de communication. — Les stipulations adoptées précisent la durée de validité des demandes de communication et modifient la règle relative au nombre des demandes qui peuvent être admises.

D'après ces dispositions, un correspondant pourra présenter, sans limitation, lorsque le réseau des câbles sera constitué, les diverses demandes de communication qu'il désirera. En attendant, les administrations auront la possibilité de limiter le nombre de ces demandes, afin d'éviter l'accaparement et d'assurer l'usage du téléphone au plus grand nombre possible de correspondants.

Avis d'appel et préavis téléphoniques. — Le règlement de Lisbonne stipule que « Des avis d'appel, ayant pour objet de

Digitized by Google

convoquer un correspondant à un poste téléphonique, peuvent être admis moyennant le payement d'une taxe spéciale ».

La conférence de Paris a complété les clauses relatives aux avis d'appel et a adopté des dispositions destinées à fixer les conditions de fonctionnement d'un service de « préavis téléphonique ». Ces dispositions indiquent la différence qui existe entre ces deux sortes d'avis et la taxe à leur appliquer. La transmission de ces avis s'effectuant rapidement, la taxe correspondante peut être modérée.

Ainsi qu'il est stipulé dans le texte adopté, les administrations ont la faculté de refuser l'admission des avis d'appel et des préavis.

Les autres dispositions prévues par la conférence de Paris au sujet des avis d'appel et des préavis concernent leur contexture, leur transmission de bureau à bureau et, pour les avis d'appel, leur remise à domicile.

Établissement et rupture des communications. — Cette partie de la réglementation téléphonique vise tout le service de l'exploitation des circuits. A cet égard, le nouveau règlement comporte des clauses précises et détaillées concernant : l'ordre d'établissement des conversations, la transmission et le collationnement des demandes de communication de bureau à bureau, le mode d'exploitation des circuits, la comparaison journalière des conversations échangées, la préparation des communications....

Sur ce dernier point, le nouveau règlement édicte que, « Lorsque les conditions techniques le permettent, les conver- « sations locales en cours sont rompues d'office au profit des « communications internationales. » Cette mesure est déjà appliquée par la plupart des administrations étrangères ; elle ne donne pas lieu à récrimination de la part des abonnés. En France déjà, les lignes des abonnés sont bloquées dès que la conversation internationale est annoncée.

Emploi de la langue française. — L'exécution du service

Digitized by Google

téléphonique international nécessite l'échange d'indications et des conversations entre les opératrices des bureaux tête de ligne du circuit international. Le règlement de Lisbonne ne spécifiait pas la langue qui devait être employée. Il en résultait, dans certains cas, de graves difficultés, au point de vue de l'exploitation.

Pour remédier à ces inconvénients, la conférence de Paris a édicté que, pour la préparation, l'établissement et la rupture des communications, la langue française serait utilisée entre administrations de langues différentes, à moins d'accords particuliers entre elles pour l'emploi d'autres langues.

Détaxes et remboursements. — Les nouvelles dispositions adoptées à ce sujet précisent les conditions dans lesquelles les dégrèvements totaux ou partiels seront accordés et simplifie l'instruction des réclamations. Les réclamants seront par suite renseignés plus rapidement.

Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance. — La conférence a créé, sous la forme préconisée par la France, un Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance. Cette mesure consacre l'existence de l'organisation qui avait été réalisée, en 1923, sur l'initiative de la France.

Le Comité consultatif est chargé de l'étude des dispositions types destinées à régler les questions techniques et d'exploitation de la téléphonie internationale à grande distance. Il centralise tous les renseignements qui lui sont nécessaires pour cette étude. Il émet, sur les questions concernant la téléphonie internationale, des avis qui sont communiqués au bureau de Berne pour être publiés dans le *Journal télégraphique*. Il est formé d'experts des administrations téléphoniques qui déclarent vouloir y participer. Les frais de fonctionnement du comité sont supportés par les administrations participantes, d'après le mode de répartition fixé dans le règlement intérieur dudit comité.

Digitized by Google

*
* *

Au cours de sa séance de clôture, la conférence de Paris a décidé la mise en application du règlement nouveau qu'elle venait d'élaborer pour la date du 1er novembre 1926.

Cependant les tarifs nouveaux adoptés par l'Union pourront entrer en vigueur dès le 1er avril 1926.

De plus, la conférence a accepté l'offre que lui faisait la délégation belge de tenir à Bruxelles sa prochaine réunion, à une date qui sera fixée par la conférence radiotélégraphique de Washington, laquelle se tiendra vraisemblablement au printemps de 1927.

Dans l'étude des questions qui lui étaient soumises, la conférence s'est constamment inspirée du double souci de sauvegarder les intérêts des administrations télégraphiques et d'éviter d'imposer des charges trop lourdes au public.

Si certaines de ces questions n'ont pu être résolues au cours des travaux et ont dû être renvoyées à l'examen d'autres assemblées, on peut dire que les études auxquelles la conférence s'est livrée auront cependant pour résultat de faciliter grandement l'œuvre des prochains congrès. En outre, elle a rendu possible et préparé la fusion désirable des accords qui font l'objet de la convention télégraphique de Saint-Pétersbourg et de la convention radiotélégraphique de Londres. Et ainsi elle aura marqué le terme des temps où l'on pouvait considérer qu'à l'emploi de moyens techniques différents devait correspondre nécessairement des réglementations différentes d'exploitation et de tarifs.

Digitized by Google

LES SURTENSIONS DE RUPTURE DANS LES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES,

Par M. CHAVASSE,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Généralités.

Toute interruption brusque d'un circuit électrique doué de self-induction provoque, à l'endroit de la rupture, l'apparition d'étincelles, parfois la formation d'un véritable arc, quand la grandeur des puissances mises en jeu est suffisante : l'énergie électromagnétique accumulée dans le circuit et assimilable à l'énergie cinétique des masses de la mécanique est brusquement libérée, comme l'est l'énergie d'un corps en mouvement subitement arrêté par un obstacle. Elle se manifeste alors sous la forme d'une décharge disruptive.

On donne en général le nom d'extra-courant de rupture au flux d'électricité qui persiste ainsi momentanément dans le circuit malgré la coupure. Il semble que cette appellation ne caractérise pas toujours d'une façon complète le phénomène, car elle ne rend pas compte d'un effet essentiel qui l'accompagne, du moins quand il s'agit de la rupture d'un courant continu et qui consiste dans la production d'une « surtension » extrêmement brève et élevée.

La petitesse des puissances qui interviennent dans le fonctionnement des appareils téléphoniques et qui sont de l'ordre de quelques watts seulement pouvait sembler être pour eux une garantie de sécurité suffisante. L'expérience a montré que les effets des extra-courants, utilisés depuis longtemps pour la production de haute tension par la bobine de Rhumkorff, n'étaient pas seulement l'objet d'intéressantes démonstrations de laboratoire, mais que leur action était susceptible de se faire sentir

Digitized by Google

dans les réseaux téléphoniques parcourus par des courants inférieurs à 100 milliampères. Il a été en effet possible d'y mettre en évidence des surtensions atteignant fréquemment plusieurs centaines de volts, dépassant parfois 1.000 volts, et d'expliquer ainsi quelques dérangements d'allure anormale, des variations brusques et instables de l'isolement des circuits en câble, même des piqûres de l'isolant de ces câbles, constatés dans certains réseaux anciens récemment pourvus d'installations automatiques où la commande à distance par impulsions a l'importance que l'on sait.

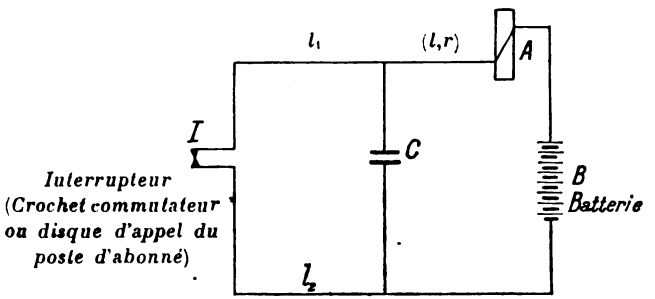


Fig. 1. — Schéma du circuit d'appel d'un poste d'abonné.

Cette question des surtensions, étudiée déjà fort anciennement, doit en quelque sorte un renouveau d'actualité au développement de la téléphonie automatique, qui repose sur l'interruption brutale répétée de circuits d'alimentation des relais de sélecteurs. Il peut donc être intéressant de reprendre à ce point de vue particulier les travaux de Vaschy (*Annales télégraphiques* de 1888) ou ceux plus récents de Breisig (*Theoretische Telegraphie*) et même de vérifier, au moyen des dispositifs expérimentaux dont s'est enrichie la technique dans ces dernières années, dans quelle mesure la pratique justifiait les résultats annoncés par la théorie.

Étude théorique.

Le schéma type, qui se rencontre le plus fréquemment en téléphonie et qui se prête d'ailleurs à une étude de principe,

Digitized by Google

est celui que représente la figure 1 ; il se rapporte à un circuit constitué par une batterie B, un relais A, deux fils de ligne l_1 et l_2 aboutissant à un interrupteur I qui ferme le circuit d'alimentation du relais.

Soit r la résistance totale du relais et du circuit, C la capacité des deux fils l_1 et l_2 que l'on peut en première approximation supposer placée aux bornes de I, l le coefficient d'inductance propre du relais (supposé être la seule partie inductive du circuit, la self des fils de ligne étant pratiquement négligeable), E la force électromotrice de la batterie B.

En régime permanent, l'interrupteur étant fermé, le circuit précédent est parcouru par un courant d'intensité constante :

$$I_0 = \frac{E}{r}.$$

Dès que l'on ouvre l'interrupteur, il se produit entre ses bornes, c'est-à-dire entre les deux fils de ligne, une pointe de tension dont la valeur U est une certaine fonction de l, C, r, E. Cette fonction se détermine aisément si l'on fait avec Vaschy l'hypothèse que la rupture est instantanée, absolue, et non accompagnée d'étincelle. Comme il ne saurait y avoir, dans le courant qui traverse le relais, une discontinuité qui ferait naître, d'après la loi de Lenz, une force électromotrice brusque de valeur infiniment grande, l'hypothèse précédente a pour corollaire que l'intensité i du courant qui traversait primitivement l'interrupteur passe intégralement dans la dérivation capacité. Le condensateur C se charge donc sous la tension U qu'il s'agit de calculer.

La solution du problème est immédiatement fournie par l'application des lois de l'électromagnétisme au circuit simple : relais A, fil l_1, capacité C, fil l_2, batterie B. Si i est la valeur de l'intensité dans le circuit à l'instant t ; et si q est la charge de la capacité au même instant, ces lois conduisent à l'équation différentielle :

$$ri + l\frac{di}{dt} + \frac{q}{C} = E,$$

dont l'intégrale générale est :

Digitized by Google

$$(\alpha)\quad U=e^{-\frac{r}{2l}t}\left[A\,e^{+\sqrt{\frac{r^2}{4l^2}-\frac{1}{Cl}}\,t}+B\,e^{-\sqrt{\frac{r^2}{4l^2}-\frac{1}{Cl}}\,t}\right]+E.$$

Les conditions initiales permettent de déterminer les constantes A et B : quand $t=0$, on doit avoir : $\begin{cases} i=\dfrac{E}{r}, \\ U=0. \end{cases}$

Deux cas sont alors à distinguer, suivant que le discriminant $\frac{r^2}{4l^2}-\frac{1}{Cl}$ est positif ou négatif.

1er cas : $\frac{r^2}{4l^2}-\frac{1}{Cl}<0$. — C'est la condition la plus fréquemment réalisée en pratique, car la valeur de C est en général relativement petite ; U est alors une fonction périodique amortie du temps t :

$$U=E\left[1+e^{-\frac{r}{2l}}\left(-\cos\sqrt{\frac{1}{Cl}-\frac{r^2}{4l^2}}\,t+\right.\right.$$
$$\left.\left.+\frac{2l-Cr^2}{\sqrt{Cr^2(4l-Cr^2)}}\sin\sqrt{\frac{1}{Cl}-\frac{r^2}{4l^2}}\,t\right)\right].$$

Les maxima successifs de la valeur absolue de U ont lieu aux instants :

$$\tau_k=\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Cl}-\frac{r^2}{4l^2}}}\left(k\pi-\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{4l}{Cr^2}-1}\right).$$

Le premier maximum correspond à la surtension la plus importante et se produit au temps :

$$\tau_1=\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Cl}-\frac{r^2}{4l}}}\left(\pi-\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{4l}{Cr^2}-1}\right).$$

Il a pour amplitude :

$$U_m=E\left[1+e^{-\frac{r}{2l}\tau_1}\left(-\cos\sqrt{\frac{1}{Cl}-\frac{r^2}{4l^2}}\,\tau_1+\right.\right.$$
$$\left.\left.+\frac{2l-Cr^2}{\sqrt{Cr^2(4l-Cr^2)}}\sin\sqrt{\frac{1}{Cl}-\frac{r^2}{4l^2}}\,\tau_1\right]\right),$$

ce qui donne, tous calculs faits :

Digitized by Google

$$(1)\quad U_m = E\left[1+\sqrt{\frac{l}{Cr^2}}\,e^{-\frac{1}{\sqrt{\frac{4l}{Cr^2}-1}}\left(\pi-\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{4l}{Cr^2}-1}\right)}\right].$$

L'expérience montre que la valeur U_m est seule à considérer et que les surtensions dues aux oscillations ultérieures sont absolument négligeables.

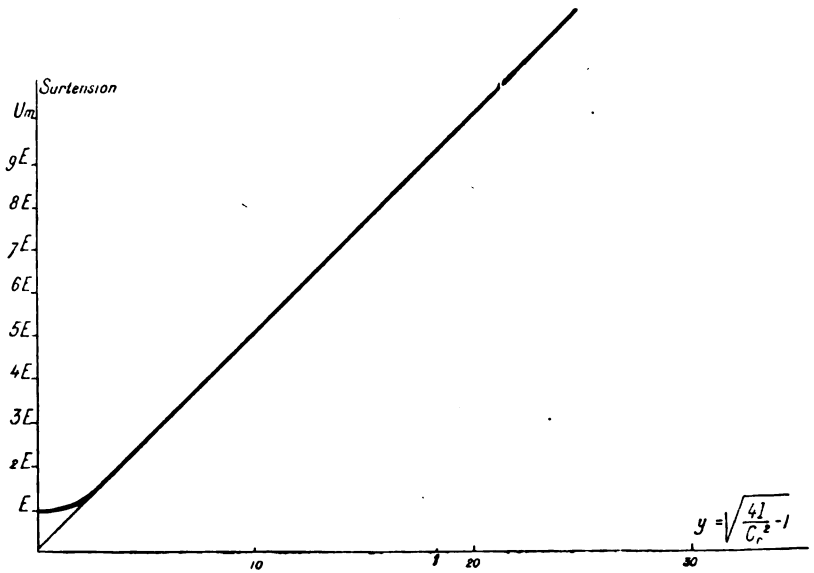


Fig. 2.

La surtension U_m est, d'après la formule (1), une fonction de deux paramètres seulement : E et $\frac{l}{Cr^2}$. Si l'on pose :

$$\sqrt{\frac{4l}{Cr^2}}-1=y,$$

on peut la mettre sous la forme :

$$U_m = E\left[1+\frac{\sqrt{y^2+1}}{2}\,e^{-\frac{1}{y}(\pi-\operatorname{arc\,tg} y)}\right].$$

Cette expression donne lieu à différentes remarques :

1° La représentation graphique de la variation de U_m en fonction de y est la courbe de la figure 2, qui fait ressortir le caractère

Digitized by Google

très sensiblement linéaire de cette variation dès que y est suffisamment grand (supérieur à 5). La courbe se confond, en effet, pratiquement, avec son asymptote dont l'équation est :

$$U_m = E\left(\frac{y}{2} + 1 - \frac{\pi}{4}\right) =$$

$$(2) \qquad = E\left(\sqrt{\frac{l}{C r^2} - \frac{1}{4}} + 1 - \frac{\pi}{4}\right).$$

2° Pour des valeurs élevées de y, une expression très suffisamment approchée de U_m est donc :

$$U_m = E\sqrt{\frac{l}{C r^2}} = \frac{E}{r}\sqrt{\frac{l}{C}} = I_0\sqrt{\frac{l}{C}}.$$

Ainsi, en principe, U_m croît proportionnellement à l'intensité du courant permanent, en raison directe de la racine carrée du coefficient d'inductance propre l et en raison inverse de la racine carrée de la capacité en dérivation aux bornes de l'interrupteur.

Cette dernière égalité revient d'ailleurs simplement à écrire qu'il y a intégralement passage de l'énergie de la forme électromagnétique $\frac{1}{2} l I_0^2$ à la forme électrostatique $\frac{1}{2} C U_m^2$. Les développements précédents permettent d'apprécier l'importance de l'erreur que l'on commettrait en s'en tenant à cette conception élémentaire des transformations énergétiques.

Quand y tend vers 1, cette valeur décroissante, U_m diminue régulièrement et se rapproche de la valeur E, qu'il atteint quand :

$$(3) \qquad y = 1, \quad \text{ou } C r^2 = 4 l.$$

La pointe de tension ou différence entre U_m et E est alors complètement supprimée, et l'effet de la self-induction du relais parfaitement compensé. L'état d'apériodicité critique du circuit est réalisé. En pratique, la valeur que la relation (3) conduit à donner à C est très élevée ; un relais A de type courant étant par exemple caractérisé par un coefficient d'inductance propre de 14 henrys et une résistance de 400 ohms, on aura :

$$C = \frac{4 \times 14}{16.10^2} = 3{,}5.10^{-4} \text{ farads} = 350 \text{ microfarads}.$$

Digitized by Google

Cependant, pour abaisser U_m au dessous d'une limite acceptable, il suffit le plus souvent d'une capacité beaucoup plus petite que la capacité théorique. Ainsi, dans l'application numérique précédemment citée, une capacité de 10 microfarads ramène U_m à être seulement environ 3 fois supérieur à la tension E.

Cet effet protecteur des capacités est d'ailleurs bien connu, et utilisé dans tous les systèmes électromécaniques de commande par relais.

2e *cas* : $\frac{r^2}{4l^2} - \frac{1}{Cl} > 0$. — Ce cas est exceptionnel ; il correspond à une apériodicité absolue du circuit électrique. Dès l'ouverture de l'interrupteur I, la différence de potentiel U entre les deux armatures du condensateur varie lentement suivant la loi exponentielle représentée par l'équation (α), dans le second membre de laquelle tous les exposants sont réels. Quand t croît indéfiniment à partir de l'instant 0 (moment de la rupture), U tend asymptotiquement vers E par valeurs croissantes. Il n'y a donc pas surtension.

Application numérique. — Il est facile de montrer l'ordre de grandeur des surtensions auxquelles conduit l'expression (2), en donnant aux quantités E, l, C, r des valeurs qui se rencontrent fréquemment en pratique. Soit par exemple le cas d'une ligne d'abonné ayant une longueur d'un kilomètre, c'est-à-dire une capacité entre conducteurs de l'ordre de 50 millimicrofarads et une résistance totale de 200 ohms comprenant la résistance des fils de ligne et celle du poste lui-même : supposons-la alimentée par une batterie à 48 volts à travers un relais de 400 ohms. (De telles conditions sont réalisées pendant la première phase de la mise en communication de deux abonnés reliés à un central autocommutateur.) On a immédiatement, en adoptant pour l la valeur précédemment donnée de 14 :

$$U_m = 48\left(\sqrt{\frac{14}{50.10^{-9}.16.10^{3}} - \frac{1}{4}} + 1 - \frac{\pi}{4}\right) = 2.000 \text{ volts environ.}$$

Digitized by Google

Cette pointe de tension, qui atteint momentanément 2000 volts, d'une durée extrêmement courte, ne dépasse 1000 volts que pendant un millième de seconde environ. Son importance même est néanmoins susceptible de mettre en danger les installations téléphoniques, qui ne sont pas prévues pour résister à des différences de potentiel aussi considérables.

Afin de limiter l'amplitude du phénomène, on peut, conformément aux indications suggérées par l'examen des diverses expressions de U_m, placer en dérivation aux bornes de l'interrupteur une forte capacité. Un condensateur de 2 microfarads réduira par exemple la surtension à une valeur relativement basse :

$$U_m = 290 \text{ volts environ,}$$

infiniment moins dangereuse pour le matériel de ligne ou de bureau.

Étant donné la nature des hypothèses, un peu schématiques, sur lesquelles repose la théorie qui vient d'être exposée, et d'autre part l'importance pratique des conclusions qui peuvent en résulter, il a paru intéressant d'aborder expérimentalement l'examen du problème et de mesurer directement les tensions qui se développent réellement lors de la rupture d'un circuit identique à celui de la figure 1.

Étude expérimentale.

Le caractère d'instantanéité et la forme mal définie des surtensions de rupture rendent relativement malaisée leur étude expérimentale. Les instruments habituellement employés pour la mesure des tensions continues ou alternatives (voltmètres, électromètres, électrodynamomètres) ne sont en effet utilisables que pour l'étude des états stationnaires, régime permanent ou périodiquement variable. Leur inertie ne leur permet pas, en général, de suivre l'allure des phénomènes transitoires. Pour mettre ceux-ci en évidence, il est nécessaire de recourir à des appareils ayant assez peu d'inertie pour enregistrer les brusques changements d'état avec une approximation suffisante.

Digitized by Google

Oscillographe électromagnétique. — L'oscillographe électromagnétique est, à cet égard, un précieux moyen d'investigation : ses indications sont toutefois plutôt qualitatives quand il s'agit de phénomènes dont la durée est du même ordre de gran-

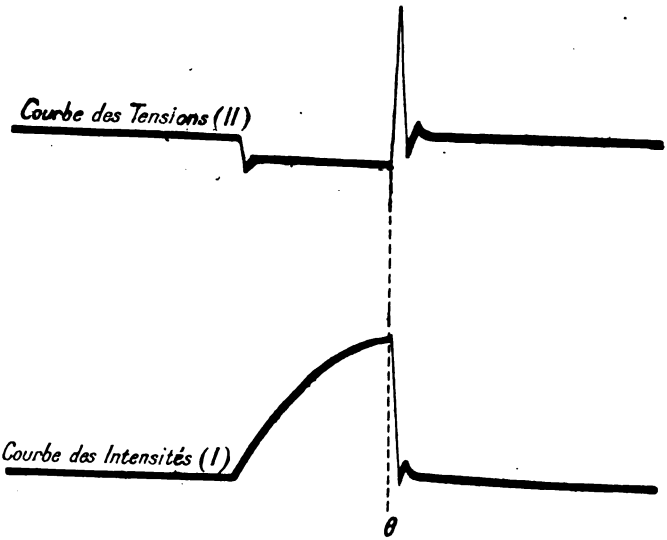


Fig. 3. — Allure de la surtension quand un condensateur de 10^{-3} microfarads est placé aux bornes de l'interrupteur.

deur que celle d'une oscillation propre de l'équipage galvanométrique de l'oscillographe, et on ne saurait en déduire de mesures précises (1).

Les oscillogrammes des figures 3 et 4, relevés dans les conditions de montage électrique correspondant au schéma de la

(1) Pour se rendre compte de l'aptitude d'un oscillographe à reproduire fidèlement les phénomènes transitoires, un moyen commode consiste à décharger, à travers une résistance fixe R (de 1.000 ohms, par exemple) placée en série avec le galvanomètre de l'oscillographe, une capacité variable C chargée sous une tension constante U. La première élongation du spot lumineux est en principe indépendante de la valeur de C et correspond à l'intensité du courant $\frac{U}{R}$ circulant dans le galvanomètre. En pratique, au-dessous d'une certaine valeur U, l'élongation commencera à diminuer. On peut en conclure à une représentation déformée des phénomènes comparables par leur brièveté à la décharge d'un condensateur dans un circuit ayant une constante de temps CR.

Digitized by Google

figure 5 donnent une représentation des lois d'établissement et de rupture du courant d'alimentation d'un relais de 400 ohms. L'équipage m_1 de l'oscillographe est parcouru par ce courant auquel se rapporte la courbe I ; l'ensemble de l'équipage m_2 et d'une résistance élevée R est placé en dérivation aux bornes de l'interrupteur I ; cet équipage enregistre donc très sensiblement les variations de la tension U précédemment calculée (courbe II). Les valeurs de régime permanent atteintes par U sont 0 et E, suivant que l'interrupteur est fermé ou ouvert.

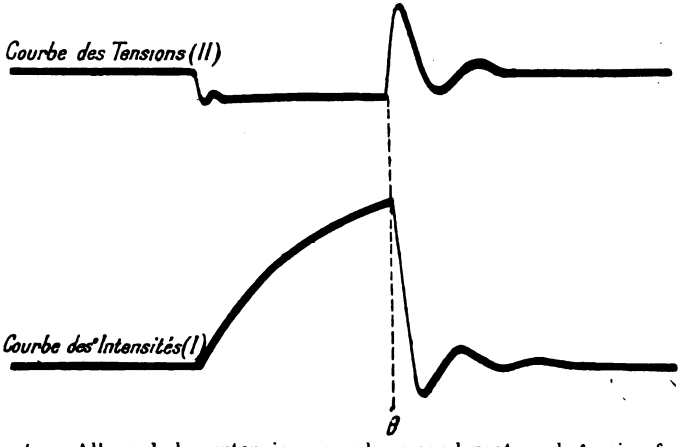


Fig. 4. — Allure de la surtension quand un condensateur de 1 microfarad est placé aux bornes de l'interrupteur.

Dans le cas de la figure 3, le condensateur C est d'un millième de microfarad ; la pointe de tension est extrêmement marquée à l'instant θ de la rupture. Cette tension a d'ailleurs un sens parfaitement déterminé, et les oscillations électriques annoncées par le calcul paraissent insignifiantes. Dans le cas de la figure 4, le condensateur C est d'un microfarad, la pointe de la courbe II devient moins accentuée et tend à s'arrondir ; des oscillations secondaires se dessinent ; l'amplitude de la première oscillation est moindre que précédemment, mais la déformation imputable à l'oscillographe empêche d'apprécier avec exactitude l'effet de réduction réalisé par l'augmentation de la capacité C.

Méthodes reposant sur l'emploi de tubes thermoioniques. — Au lieu de faire appel aux systèmes électro-mécaniques ou

Digitized by Google

électromagnétiques, on peut chercher à utiliser des appareils reposant sur les propriétés des émissions ioniques ou électroniques. Parmi ceux-ci, les oscillographes cathodiques offrent des moyens fort élégants de rendre perceptibles les aspects les

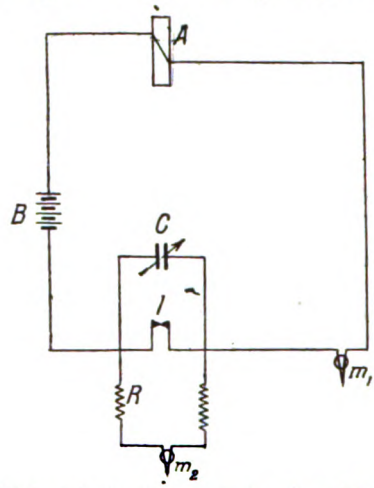


Fig. 5. — Schéma de mesure des surtensions à l'oscillographe.

plus fugitifs de phénomènes de surtension. Leur manipulation offre malheureusement certaines difficultés, et ils sont mentionnés seulement pour mémoire dans la présente étude.

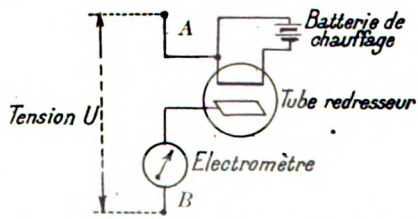


Fig. 6. — Système voltmétrique. — Électromètre redresseur thermique.

Les résultats numériques cités plus loin ont en effet été obtenus à l'aide de deux voltmètres spéciaux, dont le premier est d'une application d'ailleurs fréquente dans les recherches concernant les phénomènes transitoires, et qui consistent dans la combinaison d'un tube redresseur thermoionique avec un électromètre ou avec un galvanomètre.

Digitized by Google

1re méthode : Électromètre et redresseur thermoionique. — Un électromètre et un kénotron sont connectés en série, conformément au schéma ci-joint (fig. 6). Si l'on crée, entre les bornes extrêmes A et B de cet ensemble, une différence de potentiel continue U et de signe tel que le mouvement d'électricité négative qu'elle tend à y créer ait le même sens que l'émission électronique, l'électromètre se charge à travers le tube à vide et indique une tension précisément égale à U.

Quand on supprime ensuite la tension et que l'on relie métalliquement les points A et B, l'aiguille de l'électromètre demeure d'abord immobile en face de la graduation U, car l'électromètre ne peut se décharger à travers le kénotron, qui fonctionne en soupape, puis revient lentement au zéro sous l'influence des pertes de charge dues à un isolement insuffisant.

Si la différence de potentiel U est inversée, la déviation de l'électromètre, beaucoup plus petite que dans le cas précédent, parfois imperceptible, correspond à l'équilibre électrostatique des deux systèmes de capacités : électromètre, condensateur filament-plaque du kénotron. Cette déviation disparaît immédiatement quand les deux bornes A et B sont réunies par un court-circuit.

Les mêmes phénomènes de charge se reproduisent dans le cas où la tension U, au lieu d'être permanente, est rapidement variable, car l'inertie de l'émission électronique est pratiquement négligeable. La déviation de l'électromètre est également stable et indique alors la valeur maximum (positive) de l'onde de tension, pourvu toutefois qu'un certain nombre de conditions soient remplies; parmi ces dernières, les plus importantes sont les suivantes :

a) la résistance intérieure du kénotron et la capacité de l'électromètre doivent avoir de faibles valeurs ;

b) la tension correspondant au courant de saturation du kénotron doit être élevée et autant que possible supérieure à la valeur maximum de la tension à mesurer; ces deux conditions ont pour but de réduire la valeur de la constante de temps du système ;

Digitized by Google

c) le vide de l'intérieur du tube doit être assez poussé, afin de rendre négligeables les phénomènes secondaires d'ionisation.

Un voltmètre de ce genre, placé en dérivation aux bornes de l'interrupteur I du schéma étudié (fig. 7), indiquera donc le maximum de la différence de potentiel créée au moment de la rupture du courant permanent, c'est-à-dire la valeur de la surtension. Son emploi, simple en théorie, soulève en pratique quelques difficultés qui peuvent être résolues par le procédé décrit ci-dessous.

Le principe de fonctionnement de ce voltmètre suppose l'absence à peu près complète de pertes par mauvais isolement. Il est en effet nécessaire que l'électromètre conserve sa charge

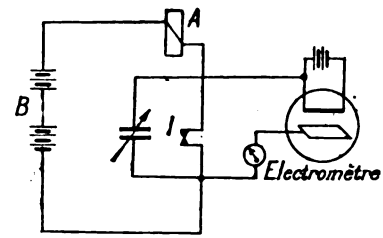


Fig. 7.

un temps suffisant pour que l'aiguille atteigne, après quelques oscillations, sa position d'équilibre ; cette période est pratiquement d'une ou deux secondes. Or la capacité d'un électromètre est en général minime, de l'ordre de 10^{-5} microfarads. Pour un isolement de 10.000 mégohms, la constante de temps à la décharge du système sera donc de $10^{-11} \times 10^{10} = \frac{1}{10}$ de seconde environ, ce qui veut dire qu'au bout de $\frac{1}{10}$ de seconde la tension aux bornes de l'électromètre aura baissé de 10 %, et qu'au moment où une lecture serait possible le mouvement de retour au zéro de l'aiguille indicatrice serait déjà très prononcé, faussant complètement les résultats de la mesure.

Pour échapper à ce double inconvénient, sans chercher à obtenir des isolements souvent difficiles à réaliser, il y a intérêt à augmenter un peu la capacité de l'électromètre et à réduire le

Digitized by Google

délai pendant lequel elle doit conserver sa charge initiale : un procédé classique consiste à décharger, au bout d'une fraction de seconde, la capacité dans un balistique. Malheureusement, la sensibilité de cet ensemble est relativement faible, puisque les plus fortes quantités d'électricité mises en jeu ne dépassent guère le millionième de coulomb et sont le plus souvent de quelques millimicrocoulombs seulement. Il est alors commode d'accroître artificiellement cette sensibilité en faisant usage d'une lampe triode (fig. 8) dont la grille est réunie au point commun à travers une résistance élevée P d'un mégohm, shuntée par un

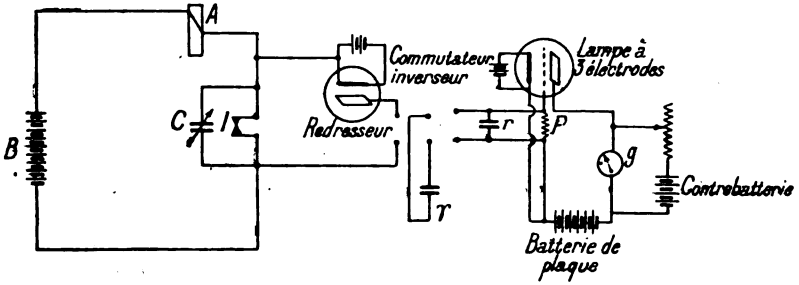


Fig. 8. — Mesure des surtensions à l'aide du galvanomètre g inséré dans le circuit de plaque d'une lampe à trois électrodes.

condensateur Γ de grande capacité. Le balistique est placé dans le circuit de la plaque, et son spot maintenu normalement au zéro par une contre-batterie qui annule le courant permanent circulant dans le cadre mobile.

Immédiatement après une rupture de I, on décharge le condensateur γ de mesure aux bornes de la résistance P. En raison de la grandeur de la constante de temps du système (P, Γ) la charge ainsi donnée à Γ ne s'écoule que lentement à travers P ; la modification du potentiel (1) de la grille créée dans ces conditions est relativement stable, et l'accroissement du courant de plaque est assez durable pour revêtir, jusqu'à un certain point, l'aspect d'une variation permanente.

(1) Grâce à la grandeur du rapport $\frac{\Gamma}{\gamma}$, qui peut être choisi égal à 1.000, la tension appliquée à la grille n'est jamais supérieure à quelques volts et la courbe d'étalonnage est pratiquement une droite.

Digitized by Google

A proprement parler, le galvanomètre G n'agit plus exclusivement comme un balistique, mais sa sensibilité apparente se trouve notablement augmentée. La précision de la méthode exige seulement que l'étalonnage du dispositif soit exécuté par comparaison directe, en chargeant la capacité γ sous des différences de potentiel connues.

Cette méthode a été utilisée en adoptant, pour γ, Γ, P, des éléments ayant les valeurs suivantes :

$\gamma = 10^{-3}$ microfarads (la résistance intérieure du kénotron de quelques centaines d'ohms),

$\Gamma = 1$ microfarad,

$P = 10^{6}$ ohms.

Le galvanomètre employé pour ces mesures donnait une déviation d'un millimètre pour une charge de $\frac{3}{1.000}$ de microcoulomb (3 volts aux bornes de 10^{-3} microfarads) lorsqu'il était en série dans le circuit de plaque, normalement monté en balistique et sans aucun artifice, il ne reproduisait la même déviation que sous l'action de $\frac{200}{1.000}$ microcoulomb. Le montage complet est représenté par le schéma de la figure 8.

2e *méthode : Galvanomètre et redresseur thermoionique avec contre-batterie* (fig. 9). — Il est possible d'évaluer directement la surtension, sans aucun dispositif d'étalonnage, en remplaçant la capacité γ par une contre-batterie de piles en série avec un galvanomètre sensible. Quand la force électromotrice de cette contre-batterie a une valeur égale ou supérieure à celle de la surtension, cette dernière ne produit aucune déviation du galvanomètre, puisque la plaque du kénotron demeure toujours négative par rapport au filament. Si elle lui est inférieure, le spot lumineux du galvanomètre subira un déplacement brusque, dû à la différence entre les deux tensions. En répétant plusieurs fois le phénomène étudié, il est facile de trouver deux valeurs voisines U_1 et U_2 de la tension en opposition : l'une pour laquelle une très légère élongation du spot lumineux est encore perceptible, l'autre pour laquelle aucune déviation du galvanomètre n'est plus appré-

Digitized by Google

ciable ; les deux tensions U_1 et U_2 diffèrent d'une vingtaine de volts au maximum et définissent la surtension U_m avec une approximation suffisante. Cette méthode, en principe moins rigoureuse que la première, donne en pratique des résultats également satisfaisants.

Les méthodes 1 et 2 ont été indifféremment appliquées pour

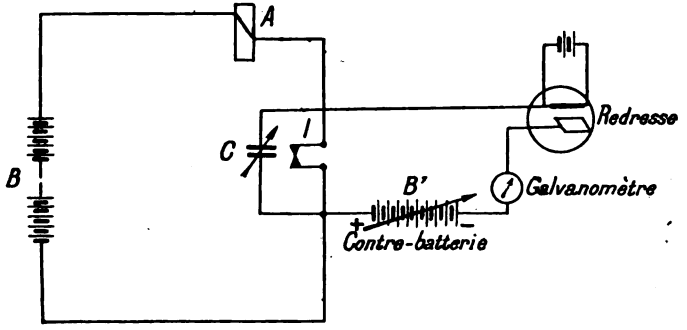


Fig. 9. — Mesure des surtensions par comparaison directe avec la force électromotrice de la contre-batterie B'.

obtenir les listes des valeurs rassemblées dans les tableaux donnés ci-dessous.

Résultat des mesures. — Les mesures ont été effectuées avec divers types d'interrupteurs et d'enroulements inductifs. Les éléments suivants ont, en particulier, été utilisés :

Interrupteurs :
- *a*) disque d'appel de poste d'abonné pour réseaux automatiques n° 1 (type P.O.) ;
- *b*) disque d'appel de poste d'abonné pour réseaux automatiques n° 2 (W.E. C°) ;
- *c*) interrupteur manipulateur (télégraphique) à coupure rapide ;
- *d*) interrupteur manipulateur (télégraphique) à coupure relativement lente.

Enroulements inductifs :
- *a*) bobine d'inductance sans fer de 10 henrys (résistance ohmique de 1.000 ohms) ;
- *b*) relais batteur de sélecteur automatique du type Strowger (résistance de 400 ohms).

Les tableaux suivants résument plusieurs séries d'expériences, qui ont porté sur des schémas électriques conformes au

Digitized by Google

schéma de principe de la figure 1, mais dont divers éléments ont été successivement variables (résistance R et capacité C).

I_a. Variation de la surtension U_m en fonction de la capacité C. (avec relais de 400 ohms.)

Valeurs de la capacité C (en microfarads).	Valeurs de U_m calculées (en volts).	Valeurs de U_m mesurées (en volts) :			
		disque n° 1.	disque n° 2.	manipulateurs interrupt. lente.	manipulateurs interrupt. rapide.
0	∞	370	950	710	1.250
10^{-3}	11.000	1.200	680	735	1.250
2.10^{-3}	—	1.000	630	710	1.160
5.10^{-3}	—	900	670	655	1.140
10^{-2}	3.500	760	700	600	1.060
2.10^{-2}	—	710	700	585	833
5.10^{-2}	—	600	540	570	610
10^{-1}	1.100	485	490	485	485
2.10^{-1}	—	365	280	385	370
5.10^{-1}	—	240	250	255	250
1	355	200	205	210	210
2	250	150	160	160	150
5	165	120	120	120	120

I_b. Variation de la surtension en fonction de C. (avec bobine de 10 henrys.)

Valeurs de la capacité C (en microfarads).	Valeurs calculées (en volts).	Valeurs mesurées (en volts) :		
		disque n° 1.	disque n° 2.	interrupteur (interruptions rapides).
0	∞	425	955	1.250
10^{-3}	4.000	1.200	680	1.250
2.10^{-3}	2.800	1.200	630	1.160
5.10^{-3}	1.800	1.060	670	1.150
10^{-2}	1.270	915	700	1.060
2.10^{-2}	905	905	700	840
5.10^{-2}	570	540	540	550
10^{-1}	405	385	385	385
2.10^{-1}	290	260	260	260
5.10^{-1}	189	190	190	190
1	140	140	140	140
2	99	100	100	100
5	68	70	70	70

Digitized by Google

II_a. Variation de la surtension en fonction R.
(*avec relais de 400 ohms.*)

Résistance totale (en ohms).	Valeurs mesurées (en volts) :			
	($C = 10^{-3}\,\mu F$).	($C = 10^{-2}\,\mu F$).	($C = 1\,\mu F$).	($C = 1\,\mu F$).
400	1.200	760	485	200
800	820	675	305	140
1.200	690	510	235	100
1.600	600	425	190	90

N. B. — Il est nécessaire de remarquer que, d'après la courbe représentative de la variation de coefficient de self induction apparente du relais avec l'intensité du courant d'alimentation (voir la courbe de la figure 10), les nombres du tableau II_a ne correspondent pas tous à une même valeur de *l*.

II_b. Variation de la surtension en fonction de R.
(*avec bobines de 10 henrys.*)

Résistance totale en ohms).	Valeurs de la surtension (en volts) :					
	$C = 10^{-2}\,\mu F$.		$C = 10^{-1}\,\mu F$.		$C = 1\,\mu F$.	
	valeurs mesurées.	valeurs calculées.	valeurs mesurées.	valeurs calculées.	valeurs mesurées.	valeurs calculées.
1.000	915	1.270	385	405	130	140
2.000	600	640	210	210	75	75
4.000	310	325	120	120	45	45

Conclusions.

L'examen des tableaux précédents suggère un certain nombre de remarques, dont quelques-unes sont d'ailleurs la confirmation de faits bien connus :

1° Les surtensions mesurées sont du même ordre de grandeur que les surtensions calculées. Elles demeurent toutefois inférieures à ces dernières, sauf pour des valeurs relativement grandes de la capacité *C*. Ce fait semble en corrélation avec

Digitized by Google

l'éclatement de l'étincelle, dont l'importance, la grandeur et l'éclat dépendent de la valeur de C : petites, régulières, violettes quand C ne dépasse pas quelques millièmes de microfarad, elles deviennent plus fournies, rares, incertaines et brillantes quand

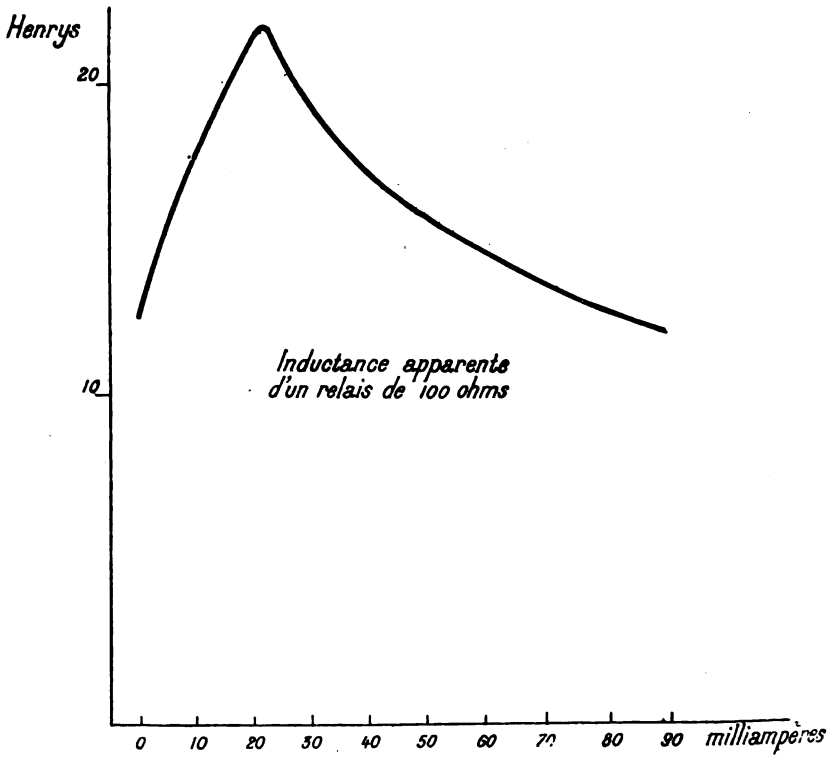


Fig. 10.

C atteint un dixième de microfarad. La formation des étincelles, d'une part, prolonge la durée de la rupture, limitant ainsi l'amplitude de la première surtension ; elle crée, d'autre part, un amortissement considérable des phénomènes oscillants qui tendent à prendre naissance, et réduit ainsi les maxima successifs de tensions annoncés par le calcul, qui deviennent tous pratiquement négligeables à partir du premier.

2° La nature des contacts de l'interrupteur I et la vitesse de rupture ont une influence prépondérante sur la production

Digitized by Google

des surtensions. Il faut rapprocher cette conclusion des nombreuses recherches qui ont été poursuivies en vue d'augmenter, par l'emploi d'interrupteurs appropriés, l'amplitude des tensions, produites par la bobine de Rhumkorff (voy. *Lumière électrique* de 1898). Néanmoins, dès que le condensateur placé en dérivation a une capacité suffisante, les différences dues à la rupture elle-même vont en s'atténuant et tendent à disparaître.

3° La concordance entre les résultats expérimentaux et les déductions mathématiques n'existe que pour des valeurs de C relativement élevées. Elle exige d'ailleurs que les constantes électriques du circuit oscillant soient nettement définies : lorsqu'en particulier les parties inductives du circuit comprennent des enroulements à noyau magnétique, l'inductance et la résistance sont indéterminées et tout calcul devient illusoire ; c'est le cas du relais de 400 ohms, dont l'inductance et la résistance effectives sont respectivement plus petites et plus grandes que les valeurs mesurées en régime permanent : aussi les valeurs calculées de la surtension sont-elles notablement trop fortes. L'application des formules théoriques à l'inductance de 10 henrys permet au contraire de serrer la réalité de beaucoup plus près.

4° La surtension croît quand la capacité diminue ; toutefois, pour des valeurs très petites de C (de 0 à 20 millimicrofarads), les phénomènes deviennent irréguliers et se traduisent parfois par une réduction de la pointe de tension ; quand la rupture est franche et brève, l'introduction d'une capacité de faible valeur en dérivation aux bornes de l'inductance augmente l'amplitude de la surtension naturelle produite par l'inductance seule (abstraction faite de la capacité répartie de l'enroulement inductif). Cette constatation, en apparence paradoxale, semble en accord avec les remarques faites au sujet du fonctionnement de la bobine de Rhumkorff (*Lumière électrique*, loc. cit).

5° La surtension diminue quand la résistance du circuit augmente.

6° Les résultats précédents, obtenus sur un circuit schématique, ont pu être contrôlés de façon parfaitement satisfaisante

Digitized by Google

en remplaçant la capacité C par des lignes réelles en câble de réseau de longueur variable.

Application à la pratique téléphonique. — L'importance des phénomènes transitoires survenant au moment de la rupture d'un circuit est de nature à susciter quelques craintes au sujet des dangers auxquels sont exposés les réseaux urbains exploités à l'aide de systèmes automatiques qui reposent sur l'emploi de la commande à distance par impulsions, nombreuses et répétées à une cadence très brève (dans un grand réseau comme celui de Paris, où un numéro d'abonné se compose en effet de 6 ou 7 chiffres ou indicatifs, chaque appel comportera en moyenne l'émission de 30 à 35 impulsions en moins de 15 secondes). Or, si l'on admet que la longueur moyenne d'une ligne d'abonné est de 1.500 mètres (ce qui correspond à une capacité de 70 millimicrofarads pour des conducteurs d'un millimètre sous papier et sous plomb), on calcule facilement et on vérifie expérimentalement que les surtensions de 500 volts ne seront pas rares : elles atteindront des valeurs nettement supérieures dans le cas de lignes courtes. En fait, malgré leur extrême brièveté qui atténue dans une large mesure leurs effets, des dérangements assez fréquents semblent pouvoir leur être imputés.

Aussi, pour éliminer les troubles que la commande individuelle par disques d'appels associés aux postes d'abonnés était susceptible de créer dans les lignes souterraines d'abonnés, l'administration a-t-elle décidé de placer, en dérivation entre les deux ressorts de rupture (ou d'impulsions) de ces disques, un condensateur de 2 microfarads dont la présence assure une protection suffisante. En effet, ainsi que cela a déjà été indiqué, une telle disposition abaisse à 100 ou 200 volts la valeur de la surtension. La combinaison de trois ressorts supplémentaires, dits ressorts de commutation, permet d'utiliser à cette fin le condensateur du poste d'abonné lui-même, comme on peut s'en rendre compte à l'examen de la figure 11, qui représente le schéma des connexions du poste administratif du type de 1924 (avec appareil combiné) muni de son disque d'appel.

Digitized by Google

L'expérience a d'ailleurs à plusieurs reprises confirmé l'efficacité de ce système limiteur, et montré que l'emploi du condensateur avait supprimé certains dérangements auxquels étaient plus particulièrement sujettes des lignes de construction ancienne.

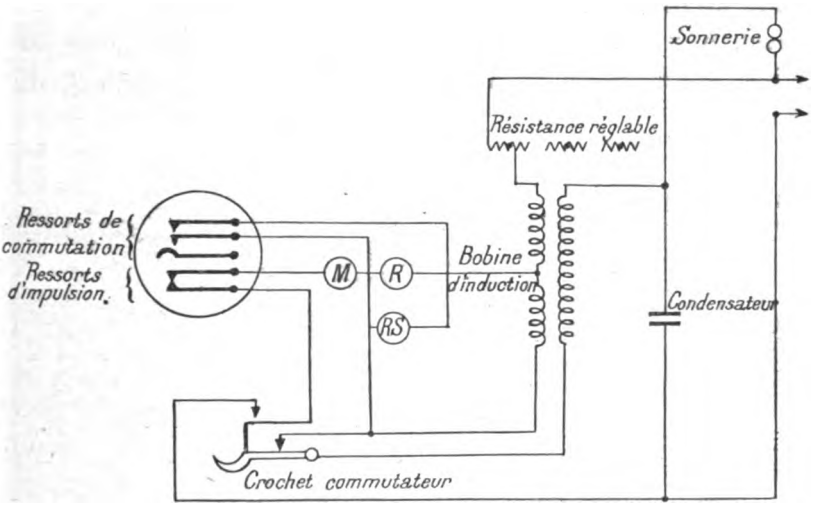


Fig. 11. — Schéma des connexions de l'appareil administratif à microtéléphone (type de 1924) muni de son disque d'appel.

Surtensions en téléphonie manuelle.

Les surtensions de rupture sont surtout à redouter dans les réseaux exploités au moyen de commutateurs automatiques. Il s'en produit aussi dans les réseaux à batterie centrale où la commutation est opérée manuellement ; mais elles sont relativement peu fréquentes et leur amplitude est toujours faible. Elles dépendent naturellement de façon étroite des schémas réalisés, de l'inductance et de la résistance des relais, de la nature des interrupteurs, de l'intensité des courants d'alimentation, etc... Les nombres qui figurent dans les tableaux ci-dessous peuvent donner une idée des surtensions susceptibles de prendre naissance au cours des diverses phases d'une communication échangée entre deux postes d'abonnés. Relevés sur un

Digitized by Google

meuble commutateur d'un type administratif, ils ne correspondent évidemment qu'à un cas très particulier. Les renseignements qu'ils comportent sont néanmoins intéressants.

Le schéma du dispositif essayé est reproduit sur la figure 12.

Le voltmètre spécial de mesure était, suivant le cas, placé entre les points *a*, *a* (extrémités de la ligne de l'abonné demandeur), *b*, *b* (bornes du transformateur de cordon), *a'*, *a'* (extrémités de la ligne de l'abonné demandé). La ligne de l'abonné était

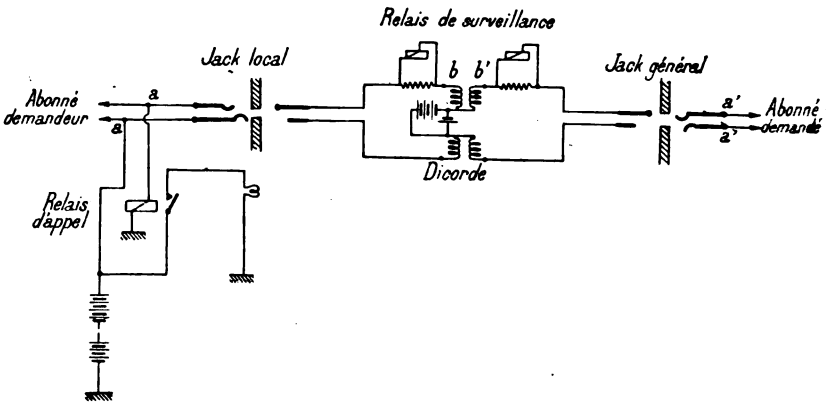


Fig. 12.

constituée par environ 1 kilomètre de câble de réseau sous papier et sous plomb d'un diamètre d'un millimètre. Le tableau ci-contre (p. 545) donne la suite des opérations et des surtensions mesurées.

Des mesures du même genre effectuées en introduisant dans le circuit une position d'opératrice B ont conduit à des résultats analogues. Elles n'indiquent, comme on le voit, que des valeurs relativement faibles, dont la petitesse s'explique par la petitesse des courants et des coefficients d'inductance propre, et par le caractère des ruptures qui se produisent en général dans les réseaux manuels : par exemple, interruption d'un circuit par le fonctionnement de l'armature d'un relais, par retrait d'une fiche, ou par la manœuvre du crochet commutateur de l'abonné. Néanmoins, lors de dérangements qui peuvent se produire dans certaines circonstances exceptionnelles et consister par exemple dans l'amorçage d'oscillations électromécaniques

Digitized by Google

Nature de l'opération.	Surtensions correspondantes.
a) L'abonné demandeur décroche son récepteur.	Pas de surtension en *a*, *a*, si la fermeture du circuit d'appel se fait franchement, sans vibration des ressorts de contact.
b) L'abonné demandeur agite son crochet commutateur pour faire scintiller la lampe d'appel.	De 100 à 200 volts (en *a*, *a*).
c) Réponse de l'opératrice.	En *b*, *b*, surtension très variable, de 90 à 450 volts suivant la façon dont la fiche de réponse est introduite dans le jack local du poste demandeur.
d) Le demandeur agite son crochet commutateur avant que l'opératrice n'ait enfiché le jack de l'abonné demandé.	300 volts (en *a*, *a* ou *b*,*b*).
e) L'opératrice enfiche le jack du poste demandé.	Aucune surtension appréciable.
f) L'abonné demandé répond.	id.
g) Les deux abonnés raccrochent.	Faibles surtensions (en *a*, *a*, *b*, *b*, *a*, *a'*, *b*, *b'*).
h) L'opératrice, coupant prématurément une communication avant que le demandeur n'ait raccroché, retire la fiche du côté du demandeur après la fiche du côté du demandé.	De 300 à 500 volts (en *b*, *b*).

dans des circuits de relais, des surtensions supérieures à 1.200 volts ont été constatées. Mais ces valeurs élevées sont anormales, et les pointes de tensions qui se développent dans l'exploitation courante ne sont pas de nature à causer de réels dommages aux lignes téléphoniques : elles ont d'ailleurs passé jusqu'ici inaperçues.

Digitized by Google

REVUE DES PERIODIQUES.

PÉRIODIQUES EN LANGUES ÉTRANGÈRES.

Les derniers progrès en T. S. F. (*Journal of the A.I.E.E.* : décembre 1925). — Le nombre de liaisons internationales exploitées par radio a continué à augmenter pendant l'année 1924. La Radio Corporation of America a inauguré un service direct, d'une part entre les États-Unis et la Suède, d'autre part entre les États-Unis et l'Argentine, cette liaison étant la première établie par radio directement entre New York et l'Amérique du sud. La même compagnie a construit une station à Belfast (Maine), destinée à la réception des télégrammes européens. Les signaux reçus sont automatiquement retransmis par radio à la station réceptrice de Riverhead. Par suite de la faible intensité des parasites et aussi de la plus courte distance à parcourir, les signaux reçus au Maine et de là retransmis à Riverhead sont généralement considérablement meilleurs que les signaux reçus directement à Riverhead.

Des progrès considérables ont été effectués dans le cours de cette année par la substitution, dans la marine, de postes émetteurs à lampes à ondes entretenues aux postes à étincelles; cette transformation a eu pour résultat d'augmenter le nombre de communications possibles et de diminuer les interférences. La Radio Corporation a complété son programme d'installation des postes à lampes dans toutes ses stations côtières et a entrepris l'exécution d'un programme consistant à remplacer les postes à étincelles de bord qui lui appartiennent par des postes à lampes. D'autre part, les compagnies de navigation ont marqué l'intérêt qu'elles portent à l'utilisation, à bord de leurs navires, de radiogoniomètres. En raison du nombre croissant des nouvelles installations de bateau, le service des phares du Bureau du commerce et du travail a augmenté le nombre des radiophares qui doivent être équipés avec des émetteurs à lampes. Les radiogoniomètres à bord des navires sont non seulement utiles en vue de la

Digitized by Google

détermination de la position du navire, mais aussi en vue de la recherche facile de la direction d'un navire en détresse. Un développement intéressant de la téléphonie sans fil de navire à navire et de navire à la côte s'est produit par l'emploi d'appareils construits par la Western electric et livrés à la « Surveillance du littoral des États-Unis ». Ces appareils furent établis en vue de permettre des conversations téléphoniques jusqu'à 50 miles (90 kilomètres environ). Une seule longueur d'onde fut utilisée, comprise entre 160 et 200 mètres. L'émetteur est à excitation séparée et le récepteur est du modèle superhétérodyne.

Un bref compte rendu fut donné, dans le rapport de l'année passée, sur le développement de l'emploi des ondes courtes de 100 mètres et au-dessous et sur les résultats surprenants qui seront obtenus dans certaines conditions avec ces ondes. Un grand nombre de résultats ont été depuis recueillis sur les caractéristiques de ces ondes et l'on a cherché à expliquer théoriquement les constatations expérimentales (Larmor, *Phil. mag.*, décembre 1924 ; Nichols et Schelling, *Bell system technical journal* (1), avril 1925). Bien qu'il y ait beaucoup à faire avant de pouvoir se prononcer définitivement sur les possibilités de pareilles ondes, elles sont déjà largement utilisées dans le domaine pratique de la télégraphie. Quatre liaisons transatlantiques sont actuellement doublées par des postes à ondes courtes. Ces postes sont, à l'époque actuelle, établis surtout à titre expérimental, mais l'on sait qu'ils répondent aux promesses d'avoir une valeur considérable.

On ne peut encore dire, cependant, si ces ondes courtes remplaceront les ondes longues ou si elles augmenteront les possibilités des communications sans fil.

L'intérêt de ces ondes courtes a donné lieu à une conférence en Angleterre en juillet dernier, conférence suivie par les représentants des grandes compagnies de T.S.F. européennes et américaines. Il y fut discuté des voies à suivre et des moyens à utiliser en vue d'étudier activement le champ des ondes courtes. L'emploi de telles ondes entraîne la possibilité intéressante d'utiliser des systèmes dirigés tant à l'émission qu'à la réception.

(1) Voy. traduction dans les *Annales des P. T. T.* : février 1926.

Digitized by Google

Sous les auspices de la Commission des ingénieurs américains de standardisation du matériel électrique, il a été créé une sous-commission de radio, chargée d'établir des règles de normalisation et plus particulièrement de fixer des définitions précises de termes techniques et d'établir des méthodes d'essais des appareils de T.S.F.. Les deux répondants sont l' « American institute of electrical engineers » et l' « Institut of radio-engineers ».

Le rapport de l'an passé mentionne les essais de transmission par téléphonie sans fil exécutés d'Amérique en Europe et signale la création par l'office anglais d'une commission qui préconise l'installation d'un poste de 200 kilowatts de téléphonie sans fil à la nouvelle station de Rugby, en vue d'établir des relations téléphoniques entre l'Angleterre et l'Amérique. Les essais ont été continués dans le cours de l'année, et l'office britannique procède actuellement à la construction de la station précitée. La production de courants de haute fréquence de forte intensité a donné lieu à l'étude de nombreux problèmes techniques. Un travail sur les mulplicateurs de fréquence, présenté à la convention de St-Louis, étudie l'un des moyens utilisables pour la production de tels courants de haute fréquence.

Le développement de la téléphonie automatique en Allemagne (Fritz Runkel, dans *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft* : 1925, n° 6) (1). — La technique de la téléphonie automatique représente une étape vraiment remarquable vers la solution du problème qui consiste à se procurer le moyen le plus économique permettant d'écouler très rapidement un trafic téléphonique déterminé (2). D'après les ingénieurs Lubberger et Kunz (3), les exigences du service dépendent à la fois du nombre des communications à établir, de la durée de ces communications, et de la simultanéité des

(1) La *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft* est éditée chez Gloeckner, Leipzig, par A.-F. Napp-Zinn, directeur de l'Institut des sciences des communications (Verkehrswissenschaft) dépendant de l'université de Cologne. Chaque numéro comporte une cinquantaine de pages, la plupart du temps sans figures. Le texte est en petits caractères (corps 9). La documentation est de premier ordre.

(2) Il s'agit ici du service téléphonique public exclusivement.

(3) *Siemens-Zeitschrift* : 1922, n° 10.

Digitized by Google

appels. Pour des raisons d'ordre économique, on doit renoncer à écouler d'une manière tout à fait satisfaisante les communications demandées en même temps aux heures de la journée où le trafic, essentiellement variable, est le plus intense ; mais on doit s'efforcer de maintenir dans des limites préalablement fixées le nombre des appels perdus par suite du manque de liaisons. Dans leur article, MM. Lubberger et Kunz donnent quelques renseignements intéressants sur l'intensité du trafic dans différents pays. « Aux États-Unis d'Amérique, on compte un poste téléphonique pour 8 habitants : en Europe, un poste pour 76 habitants : en Allemagne, un poste pour 31 habitants. Le nombre des communications dépend essentiellement des tarifs. Elles sont en grandes parties locales. Là où le régime forfaitaire est appliqué, on compte en moyenne 10 communications journalières par ligne d'abonné ; lorsque le régime en vigueur est celui des conversations taxées, on ne compte plus que 2 communications par jour pour chaque abonné. Pour la même raison, la durée des conversations est le plus réduite dans les établissements industriels (3/4 de minute environ) ; dans les localités où le réseau est très développé, la durée moyenne des communications urbaines est de 1 minute 1/2; ailleurs, elle atteint parfois 3 minutes. La courbe journalière du trafic accuse presque toujours deux pointes, l'une entre 10 et 11 heures, l'autre vers 16 heures. Vu l'impossibilité où l'on se trouve d'écouler toutes les communications échangées entre abonnés d'une grande ville en recourant à un seul bureau téléphonique, il faut calculer l'importance du trafic dans les différents quartiers et l'écouler dans de bonnes conditions au moyen de plusieurs bureaux d'une capacité moindre.

On sait qu'au début, pour faciliter l'écoulement du trafic, on répartissait les lignes d'abonnés en plusieurs groupes desservis par des tableaux à volets, chaque tableau desservant 50 abonnés au maximum ; le trafic prenant une extension de jour en jour plus considérable, on recourut à la commutation multiple : le multiplage de 10.000 lignes (chiffre maximum en général) permet à chacune des opératrices du central de desservir l'une quelconque de ces lignes, sans quitter sa place et sans l'intermédiaire d'une position voisine. Le principe de ce système est le suivant : chaque groupe comprenant

Digitized by Google

de 100 à 300 lignes aboutit à un tableau commutateur desservi par l'opératrice ; de plus, les lignes de tous les autres abonnés aboutissent, sur chaque tableau, à plusieurs jacks, grâce auxquels ces lignes peuvent être saisies par une opératrice quelconque. Mais, à la longue, ce procédé fut reconnu anti-économique pour écouler un trafic très important. En effet, il nécessite en particulier un nombre considérable de panneaux de jacks et de lignes auxiliaires posées à l'intérieur du bureau. D'ailleurs, en pareil cas le matériel est très mal utilisé car, pendant une conversation, seul sert un des nombreux jacks auxquels aboutit la ligne d'un abonné déterminé. Il faut encore ajouter les frais de personnel, qui sont très élevés ; à l'heure présente, cette question mérite tout particulièrement de retenir l'attention.

Les difficultés, de jour en jour plus grandes, rencontrées pour écouler rapidement un trafic intense se traduisirent par des délais d'attente toujours plus longs aussi bien en ce qui concerne l'établissement que la rupture des communications. Dans les villes à réseau téléphonique très développé, il faut l'intervention de 2 à 4 opératrices pour établir et couper la communication, suivant que celle-ci est établie entre postes principaux ou postes supplémentaires. Ce dernier cas est le plus fréquent, car les communications urbaines sont, en majorité, échangées entre établissements importants, si bien qu'en fait les postes supplémentaires de ces établissements constituent autant d'abonnés différents. Dans un article paru dans l'*Illustrierte Export-Woche* (Berlin, septembre 1922) (1), M. Steidle dit qu'il n'est pas rare qu'il faille de 30 à 90 secondes pour établir des communications en pareil cas, et de 10 à 30 minutes pour les couper. Il en conclut que les délais d'attente imposés prolongent, d'une quantité qui n'est pas négligeable, la durée utile d'occupation des circuits et il est d'accord avec Lubberger et Kunz pour fixer à 60 secondes à peine la durée moyenne d'une conversation commerciale.

Bientôt se posa le problème consistant à trouver un mécanisme automatique qui permettrait de remédier aux pertes de temps constatées dans l'établissement et la rupture des communications. Il fallait

(1) Steidle, *Der Selbstanschluss-Fernsprechbetrieb.*

Digitized by Google

mettre à la disposition des abonnés un appareil facile à manœuvrer qui établirait automatiquement et sans délai la communication et la couperait instantanément par une manœuvre simple, telle que le raccrochage du récepteur. On sait que ce problème a été résolu d'une manière satisfaisante. Le manque de place interdit d'entrer dans des détails techniques à ce sujet.

Dans son ouvrage intitulé *Der Fernsprech-Selbstanschlussbetrieb* (Leipzig, 1922), F. Ambrosius rappelle que c'est à l'exposition universelle de Paris (1881) que l'on put voir les premiers appareils établissant et interrompant automatiquement les communications téléphoniques; mais ces appareils étaient à la fois très compliqués et fort coûteux. A l'exposition de Chicago (1893), les visiteurs virent fonctionner un central automatique équipé d'après le système Strowger et Keith; il fallait cinq fils pour chaque ligne d'abonné. Grâce aux perfectionnements réalisés dans la suite, on avait pu installer à Londres, en 1898, un central automatique d'une capacité de 10.000 lignes. C'est alors que l'administration allemande des télégraphes décida de faire installer à Berlin un central automatique d'essai, d'une capacité de 400 lignes et basé sur le même système; il fut mis en service le 1er août 1901. L'administration allemande fit procéder à de nouvelles recherches en vue de perfectionner le système, et, en 1903, les usines allemandes d'armes et de munitions de Karlsruhe (qui avaient acheté les brevets Strowger pour les exploiter en Allemagne et dans les autres pays d'Europe) portèrent de 400 à 1.000, puis à 10.000 la capacité du premier central automatique installé en Allemagne.

Le central automatique de Hildesheim fut le premier mis à la disposition du public en Allemagne; il avait été également installé par les usines d'armes et de munitions (1908); c'était en même temps le premier central automatique fonctionnant sur le continent européen. Une partie des organes étaient d'origine américaine. Comme le dit A. Kruckow (1), on reconnut bientôt la nécessité de tirer de l'expérience acquise dans la construction des installations automatiques un meilleur parti que ne pouvaient le faire les usines d'armes et de muni-

(1) *Geschichtliche Entwicklung des Wählerbetriebs für Fernsprechämter in Deutschland* : *E. T. Z.*, 1920, n° 16.

Digitized by Google

tions, si l'on voulait perfectionner la téléphonie automatique par l'emploi des sélecteurs tout en restant indépendant de l'étranger quant aux fournitures de matériel. En août 1907 fut fondée la Société de téléphonie automatique (G.m.b. H für automatische Telephonie), qui devint partie contractante dans la convention passée entre l'administration allemande des télégraphes et les usines d'armes et de munitions de Karlsruhe. Toutefois, c'est la maison Siemens et Halske qui, plus tard, prit la suite de la société en question. C'est à la maison Siemens et Halske (qui, entre temps, avait acquis le droit d'exploiter les brevets américains les plus importants) que l'on doit la plupart des perfectionnements réalisés dans la technique des communications électriques. On peut encore citer, entre autres, la société Mix et Genest de Berlin-Schöneberg, qui a travaillé avec succès au perfectionnement de la téléphonie automatique.

D'après des renseignements fournis par l'administration des télégraphes d'Allemagne en août 1924, la situation était alors la suivante :

1. Bureaux automatiques en service.

a) Capacité supérieure à 1.000 lignes :

Hildesheim	, pour	1.600	lignes,	en service depuis		1908,
Altenburg	, »	»	» ,	»	»	1910,
Dresde (bureau principal et satellites)	, »	28.000	» ,	»	»	1913,
Liegnitz	, »	2.400	» ,	»	»	1914,
Fribourg en Brisgau	, »	4.000	» ,	»	»	1921,
Zehlendorf (Wannseebahn),	»	2.400	» ,	»	»	1922,
Munich	, »	28.000	» ,	achevé en		1922,
Aix-la-Chapelle	, »	6.000	» ,	en service depuis		1923,
Leipzig (bureau principal, satellites et auxiliaires),	»	30.350	» ,	»	»	1923,
(Le premier satellite mis en service en août 1913).						
Stuttgart	, »	8.000	lignes,	en service depuis		1923,
Dessau	, »	2.000	» ,	»	»	1923,
Minden	, »	1.500	» ,	»	»	1924,
Potsdam (et bureau auxiliaire de Nowawes)	, »	3.800	» ,	»	»	1924,
Gotha	, »	2.000	» ,	»	»	1924;

Digitized by Google

b) Capacité entre 500 et 1.000 lignes : 1 bureau ;
c) » » 200 » 500 » : 4 bureaux ;
d) » » 100 » 200 » : 12 » ;
e) » » 50 » 100 » : 44 » ;
f) » jusqu'à 50 lignes : 37 » .

2. Bureaux en cours d'installation ou projetés :

a) Capacité supérieure à 1.000 lignes :

Nouveaux centraux d'une capacité supérieure à 3.000 lignes à Berlin, Breslau, Chemnitz, Dusseldorf, Essen, Francfort-sur-Mein, Hambourg, Hannovre, Cologne, Leipzig, Ludwigshafen, Magdebourg, Mannheim, Nuremberg, Wiesbaden,

plus une série de bureaux situés dans les régions industrielles de la Westphalie rhénane, de la Haute-Silésie et de la Haute-Lusace (Neugersdorf, Zittau, Löbau, etc...),

plus des bureaux moins importants, d'une capacité comprise entre 1 000 et 3.000 lignes, à Bernbourg, Emden, Freiberg (Saxe), Halberstadt, Hanau, Bad Oeynhausen, Reichenbach (Vogtland), Zwickau (Saxe), etc...

Il existe encore des projets d'autres centraux, pour lesquels il faut entreprendre la construction ou la transformation des locaux qui les abriteront.

b) Capacité entre 500 et 1.000 lignes : 5 bureaux ;
c) » » 200 et 500 » : 8 » ,
d) » » 100 et 200 » : 10 » ,
e) » » 50 et 100 » : 43 » ,
f) » inférieure ou égale à 50 lignes : 38 » .

Depuis 1924, la téléphonie automatique s'est développée rapidement. D'après des renseignements personnels recueillis auprès du ministère des postes, il y avait en service en Allemagne (Bavière et Wurtemberg exceptés), à la date au 31 août 1925 :

5 bureaux, d'une capacité globale de 17.000 lignes (dans un réseau urbain), et installés d'après le système « du million »,

9 bureaux d'une capacité globale de 62.000 lignes (dans deux réseaux urbains), et installés d'après le système « de 100.000 »,

31 bureaux d'une capacité globale de 60.400 lignes (dans 22 réseaux urbains), et installés d'après le système de « 10.000 »,

Digitized by Google

37 bureaux d'une capacité globale de 12.270 lignes (dans 37 réseau urbains), et installés d'après le système de « 1.000 »,

140 bureaux d'une capacité globale de 9.695 lignes (dans 140 réseaux urbains), et installés d'après le système « de la centaine » ;

étaient *projetés*, *en préparation* ou *en construction* :

environ 150 bureaux, d'une capacité totale de 800.000 lignes et installés d'après le système « 10.000 — 1.000.000 »,

environ 220 bureaux, d'une capacité totale de 70.000 lignes et installés d'après le système « de 1.000 »,

environ 170 bureaux, d'une capacité totale de 11.000 lignes, et installés d'après le système « de la centaine ».

En ce qui concerne les installations projetées, en préparation ou en construction, le ministère des postes d'Allemagne fait remarquer que l'exécution des programmes dépendra du développement de l'activité des affaires en général et de la situation économique de l'administration des postes d'Allemagne en particulier ; c'est pourquoi il n'est pas possible de dire dans combien de temps les projets seront réalisés, ni si, entre temps, ces projets ne devront pas être encore modifiés.

La plupart des installations actuellement en service sont du type automatique intégral ; il en existe quelques-unes du type semi-automatique, mais elles ne sont qu'une étape vers l'automatique complet. La transformation d'un réseau manuel en réseau automatique ne peut s'effectuer sans dépenses très élevées, car il faut modifier ou remplacer les installations des centraux ainsi que les postes d'abonnés. Provisoirement, pour limiter ces dépenses, on a commencé par transformer les installations des bureaux ; ce n'est que plus tard qu'on a remplacé les appareils manuels des abonnés par des appareils automatiques. En Allemagne, le semi-automatique fonctionne généralement de la manière suivante : lorsque l'abonné décroche son récepteur, sa ligne, qui aboutit à un sélecteur, se trouve reliée à la position d'une opératrice libre. Cette opératrice utilise un dispositif d'appel, analogue au cadran du poste des abonnés à l'automatique, pour établir la communication demandée ; elle se trouve aussitôt isolée du circuit, ce qui lui permet de traiter de la même façon tout autre appel éma-

Digitized by Google

nant d'un autre abonné du bureau ; élle n'intervient pas dans la rupture de la communication ; cette opération s'effectue automatiquement lorsque l'abonné raccroche son récepteur.

Parmi les inconvénients du semi-automatique, les plus graves sont les suivants : 1° les abonnés ne peuvent communiquer entre eux que pendant les heures d'ouverture de leur bureau d'attache ; 2° ils dépendent de l'opératrice qui, si elle n'a pas compris le numéro demandé, établit une fausse communication. Cependant le semi-automatique présente certains avantages par rapport au système manuel : tout d'abord, il permet de réaliser des économies de personnel car l'activité des opératrices ne s'exerce plus en faveur d'un petit nombre d'abonnés seulement ; d'autre part, les opératrices n'interviennent plus pour surveiller et couper la communication.

D'après F. Ambrosius, le premier central semi-automatique fut installé à Posen en 1911. Sa capacité était de 10.000 lignes. Ont été installés ensuite :

en 1913,	Dresde principal	, d'une capacité de	11.000	lignes ;
en 1916,	Halle (Saale)	, » »	2.000	» ;
en 1921,	Fribourg en Brisgau,	» »	2.000	» ;
en 1923,	Leipzig principal	, » »	6.000	» ;
en 1923,	Aix-la-Chapelle	, » »	6.000	» ;
en 1924,	Wiesbaden	, » »	6.000	» .

(Les bureaux de Dresde, Halle, Fribourg et Leipzig comprenaient aussi des installations entièrement automatiques.)

Nous avons vu que les installations du type automatique intégral sont les plus nombreuses. En général, on les utilise pour écouler le trafic urbain, mais on a pensé à s'en servir dans le service interurbain afin de faire profiter ce service, dans une certaine mesure du moins, des avantages de l'automatique complet. Mais alors la question des tarifs constitue une sérieuse difficulté ; en effet, dans le service urbain, un compteur inscrit la taxe afférente à chacune des conversations à porter au compte de l'abonné, tandis que, dans le service interurbain, il faut faire intervenir, dans le calcul de la taxe, à la fois la distance et la durée de la conversation. On tourne la difficulté en calculant les taxes d'après une certaine échelle, en prenant

Digitized by Google

pour base la taxe d'une communication urbaine ; pour cela, lorsque la communication est terminée, on fait avancer le compteur d'un certain nombre de pas, suivant la zone où se trouve le poste de l'abonné demandé et suivant la durée de la conversation (1 pas = 1 unité taxée). Pour ne pas compliquer les choses, on se borne à assurer le service automatique dans un certain périmètre autour du central automatique ; on applique la taxe urbaine simple aux conversations *d'une durée quelconque* échangées dans un rayon de 5 kilomètres ; dans un rayon de 5 à 15 kilomètres, une conversation de 3 minutes est soumise à la triple taxe ; dans le même rayon, une conversation de 6 minutes paye deux fois la triple taxe de base, etc... Le premier central mis à l'essai d'après ce principe est celui de Weilheim près Munich ; il a été mis en service en 1923.

Si, pour des raisons d'exploitation, l'automatique intégral ne semble avantageux qu'à l'intérieur de zones peu étendues, le semi-automatique, par contre, paraît riche en possibilités. Si l'on considère le trafic interurbain entre abonnés possédant une installation manuelle, à écouler automatiquement, on se rend compte des facilités qu'offre le semi-automatique. Faute de place, il est impossible d'exposer ici les raisons techniques et d'exploitation qu'on pourrait invoquer en sa faveur.

Un problème intéressant mais difficile s'est posé à l'administration allemande des télégraphes lorsqu'elle a envisagé l'installation progressive de l'automatique dans les régions où le trafic téléphonique entre localités voisines est si intense que l'on peut considérer comme un grand réseau urbain l'ensemble des installations de ces localités. M. Kruckow a traité cette question dans un article intitulé *Die Grundlägen des Selbstanschlussbetriebs und sein Einfluss auf die Netzgestaltung* (1), en prenant comme exemple la Westphalie rhénane. Cette région s'étend entre Hagen, Schwerte et Unna jusqu'au Rhin ; la population y est si dense que les localités se touchent et qu'au point de vue du trafic téléphonique on peut considérer cette région comme une ville géante ; les centraux urbains y sont reliés directement les uns aux autres, de sorte que les abonnés n'ont

(1) *Telegr. und Fernsprech-Technik* : 1924, n° 5.

Digitized by Google

pas à faire intervenir de central interurbain pour obtenir la communication avec une autre localité plus ou moins éloignée ; ils peuvent attendre leur correspondant « sans lâcher le récepteur » exactement comme dans le service urbain. Donc, ici, les communications interurbaines sont demandées directement à l'opératrice urbaine ; mais il en résulte de sérieuses difficultés pour échanger des communications locales, car c'est la même opératrice qui doit les établir ; or elle se trouve retardée parce que l'établissement d'une communication interurbaine nécessite l'intervention d'une seconde opératrice (celle du central d'arrivée) et parce que cette communication doit être surveillée ; il en résulte des délais d'attente prolongés dont les abonnés qui demandent une communication locale ont à souffrir. A cela, il faut ajouter une mauvaise utilisation des installations ; les circuits ne sont pas utilisés rationnellement en raison des fortes variations de l'intensité du trafic suivant les heures de la journée. A ce propos, on envisage certaines modifications du réseau actuel : pour écouler le trafic pressé (Schnellverkehr), on établirait des liaisons directes exclusivement entre localités à trafic particulièrement intense. Ces localités seraient le siège d'un *central principal de jonction* (Knotenamt) (1) ; les localités à plus faible trafic desservies par un bureau secondaire (Seitenamt) seraient reliées au central principal de jonction par des nappes de fils. De cette manière, on disposerait, pour écouler le trafic intense, de nappes de fils plus importantes, et la configuration du réseau général s'en trouverait simplifiée. Mais ce qui est particulièrement intéressant au point de vue qui nous occupe, c'est que l'on profitera du remaniement du réseau pour introduire, dans ces régions, le service automatique intégral, susceptible d'améliorer le rendement des circuits. Après introduction de ce système, si, par exemple, un abonné desservi par un bureau secondaire désire obtenir instantanément la communication avec un abonné desservi par le central principal de jonction auquel est relié directement ledit bureau secondaire, il pourra relier automatiquement son poste à la position pour trafic direct du central principal de jonction. L'opéra-

(1) *Note du traducteur :* Un « Knotenamt » peut être aussi bien un bureau secondaire qu'un bureau principal ; il est caractérisé principalement par le fait qu'il possède des sections d'arrivée et de départ.

Digitized by Google

trice qui dessert cette position se fera indiquer le numéro d'appel du demandeur et du demandé, puis établira la communication au moyen du tableau pour communications urbaines du central principal de jonction. Si l'on demande un abonné desservi par un autre central principal, l'opératrice établira la communication avec le tableau commutateur urbain du second central principal. Si l'on demande un abonné desservi par un bureau secondaire, la même opératrice pourra établir la communication à l'aide d'un cadran d'appel s'il s'agit d'un bureau automatique, ou par les manœuvres habituelles s'il s'agit d'un bureau manuel. Dans le cas d'un trafic intense, ce dernier procédé est préférable pour des raisons d'ordre économique. D'après Kruckow, il y a de nombreuses étapes à franchir avant d'arriver au but qu'on se propose d'atteindre ; c'est pourquoi, pendant longtemps encore, le manuel et l'automatique subsisteront côte à côte. Kruckow fait remarquer que, dans la région de Francfort-sur-Mein, dans la banlieue de plusieurs grandes villes, en Haute-Lusace et en Haute-Silésie, la situation est comparable à celle de la Westphalie rhénane, et il estime qu'il faut entreprendre une transformation analogue dans ces régions. D'après Schroeder (1), on envisage la création de centraux principaux de jonction

1° à Duisbourg, Oberhausen, Essen, Bochum, Gelsenkirchen, Dortmund et Hagen ; puis

2° à Düsseldorf, Elberfeld, Cologne, Crefeld et Munich-Gladbach.

D'autre part, Schrœder montre que les centraux principaux manuels, en tant que bureaux de transit, doivent servir à écouler les communications échangées entre bureaux secondaires automatiques. Vu la longue durée possible de la période transitaire, il semble qu'on ne puisse se tirer d'affaires sans ces centraux principaux. Les combinaisons de commutation à réaliser entre bureaux manuels et bureaux automatiques constituent pour les ingénieurs des téléphones un problème extrêmement difficile, dont l'influence gênante pour le trafic ne peut être combattue que grâce à des transformations systématiques effectuées avec les plus grandes précautions.

(1) *Die neuen Fernsprechprojekte der deutschen Reichspost im rheinisch-westfälischen Industriebezirk*, publié dans *Werk-Praxis, Zeitschrift fur Fernmeldetechnik, Werkbau, Gerät und Werkstatt*, octobre 1924.

Digitized by Google

Dans l'article signalé plus haut, Kruckow fait aussi allusion à l'introduction de la téléphonie automatique dans les campagnes. Il existe en Allemagne, à l'heure présente, quelques centaines de petits centraux automatiques ruraux dont le plus ancien remonte à 1908. Parmi eux, on en compte un certain nombre qui ont été transformés en automatiques pour des raisons techniques ou d'exploitation ou encore lorsque la transformation a été reconnue économiquement avantageuse. En général, il s'agit d'installations peu importantes : recettes auxiliaires, agences postales, bureau de 3e ou de 2e classe qu'il aurait fallu reclasser dans une catégorie supérieure ; pour ces bureaux, en supprimant les installations manuelles on a évité le reclassement et, par suite, réalisé une économie sensible. Le principe consiste à procurer aux bureaux ruraux une liaison ininterrompue (par le moyen d'un ou deux circuits) avec le central téléphonique important le plus rapproché, de sorte que les abonnés ruraux puissent communiquer en dehors des heures d'ouverture de leur bureau d'attache. Ici encore, d'après Kruckow, il faut prévoir des centraux principaux de jonction (Knotenämter) reliés entre eux par des câbles téléphoniques. Les plans du réseau régional doivent être adaptés aux conditions du trafic, qui sont essentiellement variables suivant les régions. Une région surtout agricole sera traitée autrement qu'une région industrielle ; dans le premier cas, pour écouler le trafic peu dense, il suffira de quelques centraux principaux de jonction auxquels seront reliés, par circuits (ou nappes de circuits) directs, les bureaux moins importants du réseau.

D'après des renseignements fournis en 1924 par la maison Siemens et Halske, étaient équipés ou en voie d'installation à la fin de 1923, quatre-vingt-six petits centraux ruraux desservant en tout 6.130 abonnés, plus un certain nombre d'agences desservant 2.700 abonnés. Si l'on en juge d'après le nom des localités citées, il existe des centraux automatiques ruraux principalement en Saxe, en Westphalie rhénane, en Poméranie, dans le duché de Bade et dans les Etats hessois.

Digitized by Google

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Conférence. — Le dimanche 25 avril 1926, M. Hossein Hedjazi a fait au musée Guimet, sous les auspices de l'Association française

M. Hossein Hedjazi.

des amis de l'Orient, une conférence sur *La nation persane : le peuple et les événements*, qui a eu le plus grand succès. Nous sommes heureux de faire cette constatation, M. Hossein Hedjazi étant sorti de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes avec le grade d'ingénieur. Le conférencier a insisté sur l'homogénéité du peuple persan, doté d'une riche civilisation originale, ayant derrière lui une

Digitized by Google

longue continuité historique. Le caractère national se révèle en particulier dans l'adoption de la croyance chiite. La population, d'une quinzaine de millions d'habitants, est très clairsemée, ce qui donne une importance spéciale aux moyens de communication entre les diverses contrées du pays. M. Hedjazi a retracé l'histoire politique de la Perse depuis le milieu du siècle dernier, en appuyant sur les événements qui ont été la conséquence de la constitution du 1er janvier 1907. Il a montré les efforts faits par la Perse pour vivre d'une vie tout à fait autonome. Le nouvel état de choses se manifeste clairement par la triple alliance musulmane de la Perse, de l'Afghanistan et de la Turquie. Il semble que la Perse s'achemine résolument aujourd'hui vers la plus grande réalisation du progrès sous la direction éclairée du roi Pahlavi. L'assemblée, qui était nombreuse et choisie, s'est associée aux paroles de remerciement adressées par M. Pomey à l'ingénieur conférencier. La jeune génération française continuera à entretenir la tradition séculaire de rapports désintéressés et cordiaux avec la jeunesse persane.

Digitized by Google

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Impédance caractéristique et affaiblissement kilométrique des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb (Conducteurs de $1^{mm},5$ et $2^{mm},5$ de diamètre). — Dans l'article paru sous ce titre dans le numéro de février dernier (p. 180-181), une erreur s'est glissée : les nombres de la 6e colonne ont été reproduits dans la 5e au lieu des nombres qui auraient dû figurer dans celle-ci. Dans la 5e colonne (Affaiblissement β), il faut lire, de haut en bas, les nombres suivants : 0,0165 ; 0,0210 ; 0,0233 ; 0,0250 ; 0,0261 ; 0,0270 ; 0,0276 ; 0,0281.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Eléments d'astrophysique : Introduction à l'énergétique solaire et stellaire, par ALBERT NODON, docteur ès sciences, ex-adjoint à l'observatoire de Meudon, président de la société astronomique de Bordeaux. — Paris, librairie scientifique Albert Blanchard. — 1 vol. de 237 pages. Prix : 20 francs.

M. Albert Nodon n'est pas un inconnu pour les lecteurs des *Annales* : il est l'inventeur de la soupape électrolytique dont les applications sont aujourd'hui nombreuses. Ancien collaborateur de M. Janssen, puis de M. Deslandres, M. Albert Nodon est un spécialiste des questions d'astrophysique : il a consacré à cette science de nombreux travaux qui firent l'objet d'importantes communications à l'académie des sciences. Il produisit pour la première fois, en 1901, au laboratoire de M. Lippmann à la Sorbonne, des rayons X de grande longueur d'onde, placés dans l'échelle spectrale entre les rayons ultra-violets et les rayons de Roentgen.

Donner un aperçu d'ensemble de l'état actuel de la physique et de l'énergétique stellaire, tel est le but que se propose M. Nodon dans l'ouvrage qu'il présente au public; l'auteur a débarrassé à dessein la partie descriptive de son livre de toute formule mathématique; une heureuse disposition permet au lecteur, déjà familiarisé avec l'astrophysique, de retrouver dans la seconde partie de l'ouvrage des données numériques précises ainsi qu'un résumé succinct des lois et des théories qui rendent compte des phénomènes étudiés.

Ces questions d'astrophysique n'ont pas encore été réunies dans un ouvrage d'ensemble destiné au public qui, même éclairé, est peu initié à cette science fort difficile. Les spécialistes recourront toujours au livre de Sommerfeld et aux mémoires originaux. Mais M. Nodon a essayé de rendre ces notions accessibles au plus grand nombre. Cette tâche lui a été facilitée par les conférences qu'il a faites à la Société

Digitized by Google

d'astronomie de Bordeaux, dont il est président depuis déjà dix-sept ans.

Les lecteurs qui ont goûté les recherches de M. Nodon déjà publiées dans « Ciel et Terre » de Bruxelles, trouveront un court résumé des travaux de ce savant dans l'ouvrage « le Ciel » de M. Berget, ainsi que dans la « Science moderne » d'octobre 1924 et de mars 1925. Nul doute qu'ils ne fassent le meilleur accueil à ce nouveau livre sur l'astrophysique.

Les télégraphistes savent que M. Nodon ne s'est pas contenté d'avoir inventé son clapet électrolytique, mais qu'il a imaginé un procédé de recharge des batteries d'accumulateurs de quatre-vingts volts et de quatre volts qui, depuis un an, lui donne d'excellents résultats dans l'application qu'il en a faite à la télégraphie sans fil et qu'il a réalisé un appareil qui permet de supprimer les parasites en radiophonie.

M. Nodon est membre de l'académie royale des sciences d'Espagne. Les fonctionnaires des télégraphes qui sont curieux de connaître la constitution physique des atomes et des astres, pourront recourir à l'ouvrage de M. Nodon pour s'initier, sans mathématiques, à cette science captivante entre toutes. J.-B. P.

Formules et tables pour la résolution des problèmes sur les courants alternatifs, par Louis Cohen, ingénieur conseil du ministère de la guerre des États-Unis. Traduction par Frédéric Sarrat, directeur de la société Électricité et gaz du Nord. Préface par Paul Janet, membre de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars, 1926. 1 vol. in-8° de xii + 318 pages.

Le magnifique développement de l'industrie électrique, auquel nous assistons depuis plusieurs années, date, on peut le dire, de l'introduction du courant alternatif dans cette industrie. Certes, le courant continu a rendu et rend encore d'éminents services; la machine Gramme a été le premier générateur pratique d'énergie électrique, et c'est sous l'impulsion produite par son apparition que sont apparues les premières applications industrielles de l'électricité ; mais le courant alternatif, avec sa souplesse de transformation, avec la gamme extraordinairement variée des organes et des combinaisons qu'il met à notre disposition, nous a permis d'aborder des problèmes d'une

Digitized by Google

ampleur et d'une complexité telles qu'on aurait à peine osé y songer autrefois.

Malheureusement, ces remarquables avantages ont leur contrepartie; le calcul des phénomènes présentés par le courant alternatif devient infiniment plus compliqué que celui des phénomènes du courant continu ; les constantes qui interviennent y sont beaucoup plus nombreuses, les lois plus variées et plus difficiles à appliquer, les causes d'accidents plus fréquentes. Les ingénieurs électriciens qui s'engagent dans cette voie (et tous ne doivent-ils pas, plus ou moins, le faire aujourd'hui?) ont donc l'obligation de posséder une technique très sûre et une connaissance approfondie des théories qu'ils auront à appliquer. Or, la plupart du temps, il faut aller vite : le résultat, et un résultat exact, est plus important que les longs raisonnements ; certes, un ingénieur digne de ce nom doit être capable de retrouver les formules qu'il applique, de les élaborer pour les rendre calculables, de les asservir à ses besoins particuliers; mais alors, et alors seulement, il a le droit d'alléger et d'abréger sa besogne en ayant recours à des ouvrages ou à des recueils qui se sont chargés avant lui de la préparer. Les nombreux formulaires que l'on connaît remplissent ce but en partie, mais en partie seulement : ils rassemblent un grand nombre de données numériques ; mais combien de formules utiles et pratiques, éparses dans les périodiques, leur échappent ! L'ouvrage de M. L. Cohen est un intermédiaire précieux entre ces formulaires et les ouvrages purement didactiques; il fait un choix parmi les innombrables formules employées pour le calcul des courants alternatifs sans en excepter les plus difficiles et les plus élevées, les donne sous une forme unifiée et pratique, les applique à des exemples numériques. C'est cet important ouvrage que M. F. Sarrat a tenu à faire connaître au public français par une traduction exacte et précise. Mais il ne faudrait pas croire que M. Sarrat ait fait œuvre de simple traducteur ; non seulement il a pris soin de ramener toutes les données numériques au système métrique, condition indispensable pour le lecteur français, mais encore il a transformé systématiquement toutes les notations de l'auteur de manière à les mettre en accord avec les prescriptions de la commission électrotechnique internationale. Il en résulte une très grande clarté et une homogénéité qui facilite beau-

Digitized by Google

coup les recherches et les applications. Des tables numériques destinées à permettre l'application des formules complètent cet excellent ouvrage où peut-être les travaux français sont insuffisamment représentés, mais qui néanmoins est appelé à figurer dans la bibliothèque de tout ingénieur ayant à traiter des problèmes un peu compliqués de courants alternatifs. J.-B. P.

Le problème de chimie, recueil de problèmes inédits avec leurs solutions, à l'usage de la classe de mathématiques spéciales, des candidats au S. P. C. N., au M. P. C., au baccalauréat (M. E.), aux grandes écoles, et à divers concours. — *Lois générales. Métalloïdes. Chimie organique.* — Paris, librairie scientifique Albert Blanchard, 1926. 1 vol. in-8° de 116 pages.

Agenda Dunod : Electricité (aide-mémoire pratique de l'électricien), par J.-A. Montpellier, révisé par L.-D. Fourcault, à l'usage des électriciens, ingénieurs, industriels, chefs d'ateliers, mécaniciens et contremaîtres, 45e édition. Paris, Dunod, 1926. 1 vol. in-16 de xxiv + 404 + xxxii pages. — Prix cartonné : 10 francs.

Agenda Dunod : Automobile, par Gabriel Lienhard, à l'usage des constructeurs d'automobiles et d'aéroplanes, ingénieurs et chefs d'ateliers, 14e édition. Paris, Dunod, 1926. 1 vol. in-16 de xx + 496 + 72 + xxxii pages. — Prix, cartonné : 10 francs.

Agenda Dunod : Banque, par Henri Dufayel, à l'usage de la clientèle et du personnel des établissements financiers et des banques particulières, 7e édition. Paris, Dunod, 1926. 1 vol. in-16 de lxxii + 208 + xxxii pages. — Prix, cartonné : 10 francs.

Agenda Dunod : Assurances, par Pierre Véron et Félix Pourcheiroux, 3e édition. Paris, Dunod, 1926. 1 vol. in-6 de lii + 452 + xxxii pages. — Prix, cartonné : 10 francs.

L'électron en chimie, cinq conférences faites à l'Institut Franklin de Philadelphie par Sir J.-J. Thomson, traduit par R. Fric, avec

Digitized by Google

une préface d'A. Cotton, membre de l'Institut. Paris, Albert Blanchard, 1926. 1 vol. in-8° de xvi + 135 pages avec figures. — Prix : 16 francs.

C'est déjà grâce à une traduction faite par M. René Fric (en commun avec M. Corvisy) que beaucoup de lecteurs français avaient pu lire l'ouvrage de J.-J. Thomson sur *Les rayons d'électricité positive*. Aujourd'hui, M. Fric nous apporte la traduction des conférences sur *L'électron en chimie*. Il faut lui être très reconnaissant de cet effort : les mêmes lecteurs qui, grâce à lui, s'étaient familiarisés avec la nouvelle et puissante méthode d'analyse découverte par le savant professeur de Cambridge, apprendront maintenant quelles idées J.-J. Thomson se fait des atomes, et quels sont les arguments, notamment les arguments d'ordre chimique, qu'il donne à l'appui de ces idées.

Il faut espérer que les chimistes s'intéresseront de plus en plus à ces recherches sur la structure des atomes. Sans doute cette structure ne les préoccupait guère jusqu'à présent, et ce n'est pas seulement, je crois, parce que les physiciens n'avaient guère de réponse précise à leur donner : c'est aussi parce qu'ils n'éprouvaient pas le besoin de leur poser la question. Les chimistes connaissent les corps simples comme nous connaissons les êtres qui nous entourent et qui nous sont familiers, nos amis par exemple. Nous les reconnaissons au premier aspect, nous pouvons prévoir comment ils se comporteront en diverses circonstances : mais jamais pour ainsi dire nous ne nous demandons à quoi tient tel ou tel trait de leur physionomie ou de leur caractère, et pourquoi ils sont ainsi différents les uns des autres. Quand il s'agit des atomes, il faut bien se poser de semblables questions. Il n'est pas douteux aujourd'hui que les atomes des divers corps simples renferment des parties élémentaires dont le nombre et la disposition varient seules de l'un à l'autre. S'il en est ainsi, le problème de la structure atomique est de la première importance pour le chimiste. C'est ainsi que le rêve des alchimistes, la transmutation des éléments, apparaît maintenant, sinon comme réalisable facilement, du moins comme un problème sérieux qu'il est raisonnable d'aborder : or on le traitera d'autant plus facilement que l'on connaîtra mieux la constitution de l'atome.

Digitized by Google

L'idée que J.-J. Thomson se fait maintenant de cette structure atomique a bien des points communs avec celle que de nombreux physiciens admettent aujourd'hui, à la suite de Rutherford et de Bohr. Dans l'atome il y a, autour d'un noyau central, un ensemble d'électrons négatifs libres dont le nombre est égal au nombre atomique (moins deux unités). La charge totale de ces électrons libres est égale en valeur absolue à celle du noyau positif. Celui-ci est, au total, chargé positivement, mais il renferme lui-même des électrons négatifs : il y a même presque exactement autant d'électrons « nucléaires » que d'électrons libres ; ils apparaissent seulement lorsque des transformations radioactives les arrachent au noyau où ils étaient confinés.

Mais il y a cependant une différence profonde entre la conception de J.-J. Thomson et les vues de Rutherford et Bohr. Ceux-ci admettent que les électrons libres extérieurs au noyau tournent autour de lui, comme les planètes autour du soleil. Au contraire J.-J. Thomson admet toujours que ces électrons forment un assemblage en équilibre sous l'action des seules forces électrostatiques.

Cet équilibre statique serait impossible à comprendre si les forces s'exerçant entre les charges en présence variaient suivant la loi de Coulomb, en raison inverse du carré des distances. J.-J. Thomson admet que cette loi est vraie quand il s'agit de deux électrons négatifs, mais il la modifie délibérément lorsqu'il s'agit d'un électron en présence d'un noyau positif. Il introduit alors un terme de signe contraire variant en raison inverse du cube de la distance, tel que l'attraction se change en répulsion lorsque la distance devient très petite, de l'ordre des dimensions atomiques, c'est-à-dire de l'ordre de quelques dix millionièmes de millimètre.

L'hypothèse est hardie, mais le fait que le noyau positif a lui-même une structure et renferme des charges de signes contraires la rend peut-être moins difficile à admettre *a priori*. Admettons-la, nous pourrons construire des modèles d'atomes où les électrons libres seront en équilibre stable sans qu'on ait besoin de leur supposer un mouvement tourbillonnaire. Ensuite nous pourrons prévoir et même calculer numériquement les propriétés physiques et chimiques des atomes correspondants. C'est ce que fait J.-J. Thomson. Naturelle-

Digitized by Google

ment les solutions les plus simples se trouvent pour les atomes de faible nombre atomique, ceux qui comprennent peu d'électrons ; mais même dans des cas plus compliqués, de nombreux résultats intéressants sont indiqués dès à présent.

De ces résultats ainsi obtenus par voie déductive, les uns sont entièrement conformes aux résultats expérimentaux : c'est ainsi, par exemple, que les charges diverses que peuvent prendre les rayons positifs s'expliquent d'une façon complète. Dans bien d'autres cas on retrouve des valeurs très voisines, ou tout au moins de l'ordre de grandeur de celles qu'a données l'expérience. Dans d'autres cas enfin l'expérience n'a pas encore prononcé : alors il sera intéressant de l'entreprendre et le livre de J.-J. Thomson se montrera, pour un lecteur attentif, singulièrement suggestif. Enfin on pourrait citer bien des problèmes qui ne sont pas abordés dans ce livre, et où l'image statique que considère J.-J. Thomson des atomes ou des molécules peut rendre de grands services : c'est le cas, par exemple, de la question de l'activité optique que J.-J. Thomson n'a pas comprise dans le programme de ces conférences, mais dont il s'est occupé ailleurs. On pourrait citer, dans le même ordre d'idées, les phénomènes de biréfringence électrique et magnétique, phénomènes qui dépendent directement de l'anisotropie moléculaire, et qui, eux aussi, présentent des relations étroites avec les propriétés chimiques.

Mais, dira-t-on peut-être, les vues de Rutherford et de Bohr sur la structure de l'atome, différentes de celles de J.-J. Thomson puisqu'ils admettent que les électrons tournent autour du noyau, ont conduit de leur côté à de très beaux succès. En particulier les vérifications numériques qu'elles ont reçues, dans le domaine de la spectroscopie ou des rayons X, sont d'une précision vraiment extraordinaire. Sans doute, mais il faut bien remarquer que ces vérifications remarquables sont dues à l'introduction dans la théorie de la considération des quanta, introduction qui s'impose absolument, mais qui garde toujours son caractère énigmatique. Actuellement, quel que soit le côté par lequel on aborde le problème de la constitution de l'atome, il faut toujours, au moment où il faut considérer les relations entre l'électron et le noyau, introduire quelque fait nouveau, par lui-même inexplicable : soit, dans la théorie de J.-J. Thomson un écart aux lois

Digitized by Google

de Coulomb, soit, dans la théorie dynamique, les orbites stationnaires et les quanta. Chacune de ces théories explique d'ailleurs fort bien tout un groupe de faits. Sont-elles aussi inconciliables qu'il semble au premier abord ? ne pourraient-elles pas au contraire, en se modifiant l'une par l'autre, se compléter utilement ? Il faut souhaiter et espérer que quelque jour les points que ces beaux travaux ont laissés dans l'ombre se trouveront, eux aussi, en pleine lumière.

Mécanique analytique et théorie des quanta, par G. Juvet, professeur à l'université de Neufchâtel. Paris, librairie scientifique Albert Blanchard, 1926. 1 vol. gr. in-8° de 152 pages. — Prix : 20 francs.

M. Juvet est bien connu en France, notamment par la traduction du célèbre ouvrage de H. Weyl, professeur à l'école polytechnique de Zurich : *Temps, espace, matière* (leçons sur la théorie de la relativité générale), traduction faite avec la collaboration de R. Leroy, ancien normalien, ingénieur des télégraphes, par une traduction d'Eddington, de la *Théorie du rayonnement et des quanta* de J.-H. Jeans, par une *Introduction au calcul tensoriel et au calcul différentiel absolu*, etc... On voit que ces sujets de haute science sont tous d'actualité, comme le livre que nous avons à signaler au public instruit. On peut regretter que, dans le programme de l'école polytechnique de France, une part ne soit pas faite à la mécanique analytique dans le cours de mécanique rationnelle. Il semble qu'en dehors de l'application aux machines, la mécanique ait à l'heure actuelle un champ d'application au moins aussi vaste dans la physique moléculaire et atomique. On pouvait jadis s'effrayer un peu des développements mathématiques flottant dans l'abstraction ; aujourd'hui, l'effort qu'ils nécessitent est devenu assez rémunérateur pour qu'on puisse désormais envisager comme un complément désirable l'initiation à ces méthodes. Nous nous contenterons de reproduire ici l'indication sommaire des matières traitées :

1° Les équations de la mécanique analytique ; l'action hamiltonienne stationnaire et variée ; l'intégration des équations du mouvement ; les transformations canoniques et les invariants intégraux. Cas particuliers d'intégration de l'équation de Jacobi. Méthode de la

Digitized by Google

variation des constantes; méthodes de Delaunay, Lindstedt, Bohlin.

2° Généralités sur l'atome de Bohr; l'atome d'hydrogène, d'hélium ionisé, de lithium doublement ionisé; problèmes à deux degrés de liberté : orbites képlériennes et effet Stark; quantification; invariants adiabatiques; perturbations.

Mémorial des sciences mathématiques, publié sous le patronage de l'académie des sciences de Paris, des académies de Belgrade, Bruxelles, Bucarest, Coïmbre, Cracovie, Kiew, Madrid, Prague, Rome, Stockholm (Fondation Mittlag-Leffler), etc..., de la Société mathématique de France, avec la collaboration de nombreux savants. Directeur : Henri Villat, correspondant de l'académie des sciences de Paris, professeur à l'université de Strasbourg. *Fascicule VIII : Introduction à la gravifique einsteinienne*, par Th. de Donder, professeur à l'université de Bruxelles, membre de l'académie royale de Belgique. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925. 1 fasc. in-8° de 58 pages.

La publication d'un exposé élémentaire de la théorie de la relativité restreinte par L. Brüninghaus, dans les numéros de mars 1926 de la *R. G. E.* prouve que l'intérêt de la théorie d'Einstein n'est pas encore épuisé pour les électriciens et les télégraphistes. Ces conceptions, dont la portée philosophique est considérable, ont dû le jour à l'étude approfondie des équations générales du champ électromagnétique, équations que les télégraphistes considèrent si souvent dans leur technique et qui leur sont familières. Le livre de M. de Donder, donne, avec la précision, la rigueur et la clarté habituelles à cet auteur, un exposé mathématique de cette doctrine. On sait que tout événement est caractérisé dans la relativité restreinte par quatre paramètres qui sont les trois coordonnées d'espace et celle de temps; semblablement dans la relativité généralisée, le carré de la distance de deux événements dans le continuum à quatre dimensions auquel on donne le nom d'Univers, est une fonction quadratique des variations des quatre coordonnées; les coefficients qu'on désigne par $g_{\alpha\beta} = g_{\beta\alpha}$ où α et β prennent les valeurs entières de un à quatre, sont les potentiels *gravifiques*; c'est eux qui définissent le champ d'Einstein considéré. C'est la recherche des dix fonctions $g_{\alpha\beta}$ de x_1, x_2, x_3 et x_4 qui

Digitized by Google

constitue le problème fondamental de la *gravifique*. Dans le cas particulier où le carré de l'élément linéaire se réduit à une somme de trois carrés positifs et d'un carré négatif, avec des coefficients égaux à l'unité, la forme obtenue n'est autre que celle qui est attachée au champ de Minkowski de la relativité restreinte,

Le lecteur qui hésiterait, parce que son bagage mathématique ne dépasse pas les mathématiques spéciales, à s'engager dans les chapitres consacrés à la relativité généralisée, trouvera du moins, dans les trente premières pages qui constituent le chapitre I, un exposé parfaitement simple de la relativité restreinte, œuvre concise dont tous les mots sont pesés et où les définitions et concepts sont introduits dans l'ordre logique, qu'il faut s'astreindre à observer rigoureusement pour suivre la pensée de l'auteur. On y verra une méthode originale et lumineuse pour déterminer la forme de la transformation de Lorentz; c'est une lecture attachante qu'on doit recommander à quiconque, suivant la tradition de l'honnête homme du XVIIe siècle, entend avoir des clartés de tout et connaître sous son vrai visage une théorie qui a transformé nos habitudes d'esprit. Il n'aura pas perdu sa peine avec un guide aussi autorisé que M. de Donder.

J.-B. POMEY.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

JUL 23 192

15e ANNÉE. — N° 7. JUILLET 1926. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSUEL PUBLIÉ PAR LES SOINS D'UNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THENARD PARIS. Ve

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Etranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'Ecole Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'Ecole Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

Le matériel roulant de l'administration sur les grandes lignes de chemins de fer, par A. Lecoq, rédacteur principal des Postes et Télégraphes..... 573

Production d'oscillations électriques entretenues à l'aide de triodes autoredresseuses à circuits séparés, par J. Grel, sous-ingénieur des Postes et Télégraphes..... 585

Les tableaux d'appels de messagers dans les bureaux télégraphiques américains, par Jean Jacob, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 598

Le câble téléphonique Lyon—Saint-Etienne, par E. Picault, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes..... 615

Remarques au sujet des lois des courants alternatifs, par L.-J. Collet, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 631

Revue des périodiques. — *Périodiques en langue française* : Les propriétés physiques des vapeurs de pétrole et les lois de leur écoulement.

Informations. — Lignes électriques à très haute tension existant en France le 1er janvier 1926.

Digitized by Google

Digitized by Google

LE MATÉRIEL ROULANT DE L'ADMINISTRATION SUR LES GRANDES LIGNES DE CHEMINS DE FER,

Par A. LECOQ,
Rédacteur principal des Postes et Télégraphes.

(*Suite.*)

Description du nouveau wagon-poste de 20m, 28.

Dans un article remarquable paru dans la *Revue des chemins de fer* (octobre 1925), M. J. Vallancien, ingénieur principal de l'Office central d'études de matériel de chemins de fer, a exposé les considérations qui avaient présidé à la conception des voitures métalliques du type O.C.E.M. et indiqué les raisons qui ont fait adopter tel système de construction pour chacune de leurs parties. Ces dernières sont examinées successivement. Leur description est appuyée de dessins et de photographies qui rendent le texte parfaitement clair.

Le wagon-poste métallique de 20m,28 étant du type O.C.E.M., la présente description ne fait que résumer certains points de l'article paru et indiquer les particularités de la voiture postale.

Bogies. — Le wagon-poste de 20 mètres est monté sur bogie unifié, du type Y_2 (fig. 1), qui offre une similitude particulière avec le bogie X, en service depuis de nombreuses années sur le réseau de l'État. Les pièces principales du châssis de bogie, longerons et traverses intermédiaires sont en acier moulé ainsi que la traverse danseuse. Ce châssis s'appuie sur les essieux par l'intermédiaire de quatre groupes de trois ressorts concentriques en hélice. A son tour, la voiture proprement dite repose sur la crapaudine de pivot fixée au milieu de la traverse danseuse, laquelle, comme son nom l'indique, oscille verticalement d'après

Digitized by Google

le libre jeu de deux groupes de quatre ressorts à pincettes interposés entre ses extrémités et un sommier suspendu à l'ossature du bogie.

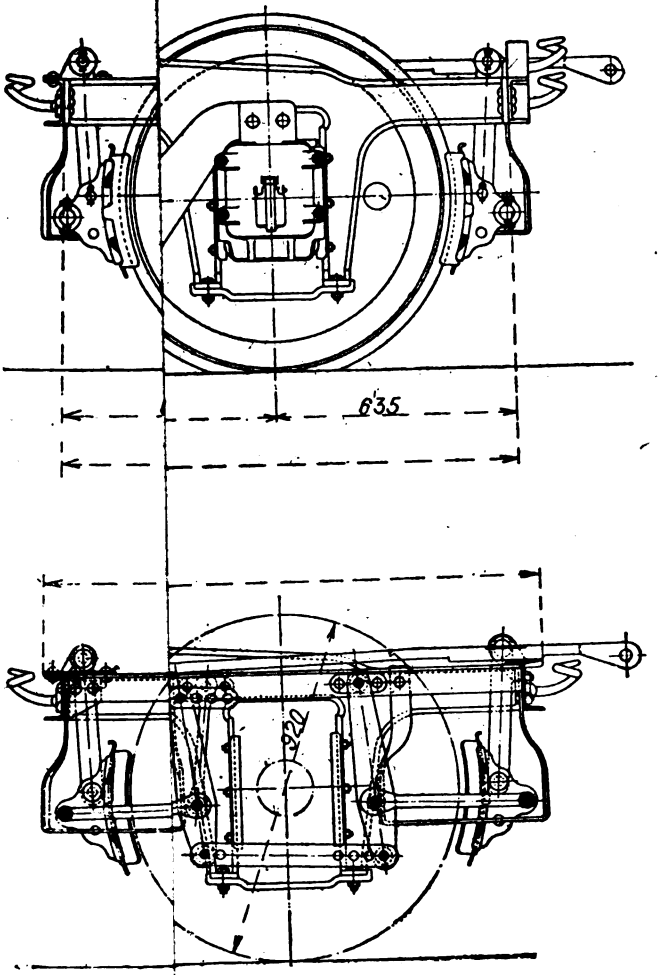
Châssis proprement dit. — Le châssis du wagon-poste est un assemblage de fers profilés ⊔, T et L. Les traverses porte-pivot sont constituées par un bloc d'acier moulé évidé, à nervures. Elles sont solidement fixées dans le cadre du châssis. Le plancher de la voiture est rivé sur ce cadre. Il est fait de tôle forte ondulée et picotée pour recevoir le terrazolith (ciment spécial). Au châssis, sont assujettis les organes de choc et traction, de frein, etc..., communs aux véhicules pour trains de vitesse.

Caisse. — Sur les fers ⊔ formant le cadre extérieur du châssis, viennent s'assembler par rivetage les montants de l'ossature de caisse qui, pour les côtés, sont en fer ⅂ laminé, et pour les extrémités, en profils divers étirés. La fixation de ces derniers se fait avec interposition de pièces en acier moulé. Des poutre en L assurent la réunion des montants à leurs deux extrémités. Aux poutres longitudinales placées en haut des parois latérales, viennent s'adapter des poutres identiques qui forment le cadre et reçoivent les courbes en anse de panier du pavillon. Celles-ci sont en tôle mince dont le profil et la forme sont représentés sur la figure 2.

Un rectangle, qui semble avoir été découpé dans le pavillon et rehaussé de 45 centimètres, forme le lanterneau, dont les deux faces sont vitrées. Ce sont encore des poutres longitudinales faites de tôle en L qui servent de liaison entre les extrémités des courbes sectionnées et les montants du lanterneau. Celui-ci s'abaisse aux deux bouts en dessinant une courbure en doucine renversée, dénommée coupe-vent de lanterneau.

Des tôles de 3 millimètres d'épaisseur, *qui concourent à la rigidité de l'ensemble*, sont rivées aux montants verticaux sur les côtés et les bouts de la caisse. Leurs bords sont cachés par des couvre-joints en fer plat. Le tôlage du pavillon, qui n'a que $1^{mm},5$ d'épaisseur, est appliqué dans les mêmes conditions.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

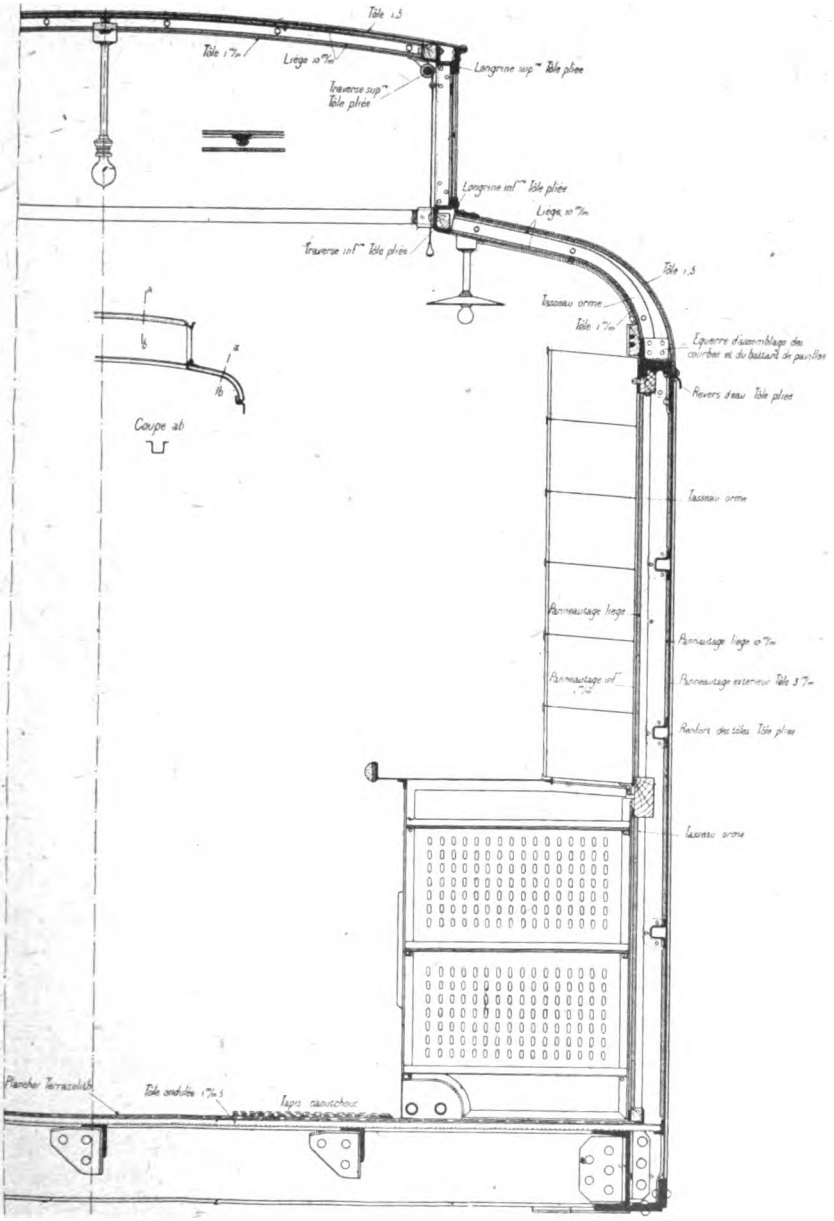


Fig. 2. — Demi-coupe transversale du wagon-poste de 20m,28.

Digitized by Google

Aux montants des faces et aux courbes de pavillon, sont fixées de menues pièces de bois ou fourrures, permettant de vis-

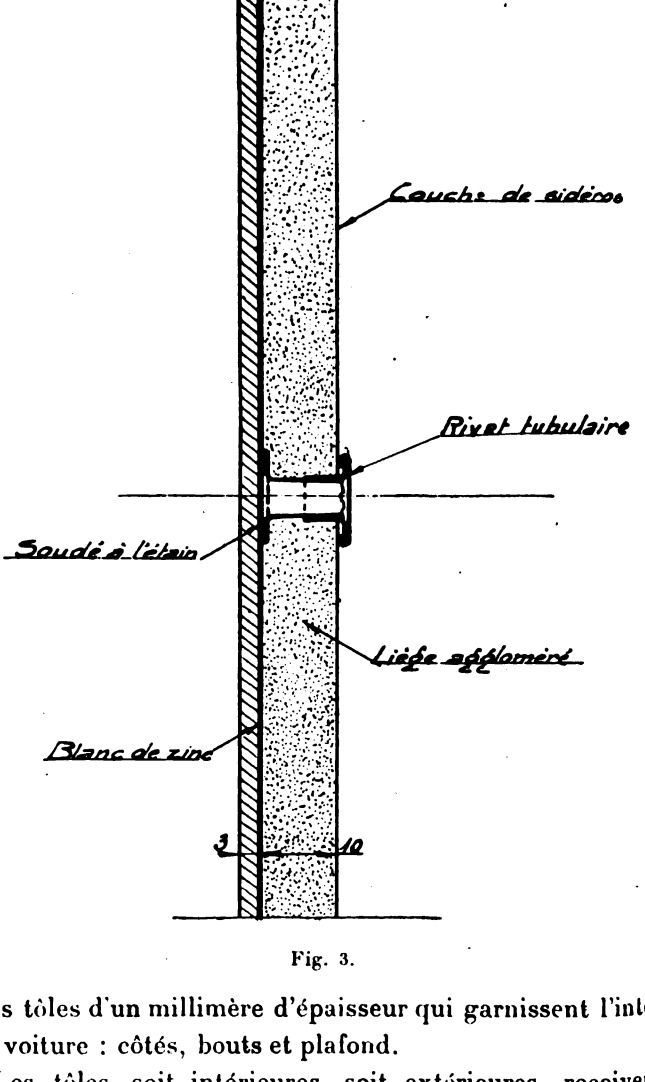


Fig. 3.

ser les tôles d'un millimère d'épaisseur qui garnissent l'intérieur de la voiture : côtés, bouts et plafond.

Les tôles, soit intérieures, soit extérieures, reçoivent un revêtement de liège aggloméré, fixé par marouflage et par des rivets tubulaires soudés aux tôles (fig. 3). De cette manière,

Digitized by Google

l'intérieur du véhicule est séparé de l'extérieur par deux feuilles métalliques doublées de liège qui emprisonnent entre elles un matelas d'air à multiples compartiments. Le revêtement de liège a pour effet de calorifuger le système de cloisonnement et d'amortir les vibrations des tôles.

Sur les extrémités de la caisse, sont fixés les appareils d'intercirculation à soufflets.

Accès et baies. — Comme dans toutes les voitures à plateformes, l'accès se fait par les extrémités. Le wagon-poste possède de larges portes d'accès à deux vantaux vitrés. Chaque côté de la caisse comporte, en outre, trois baies avec châssis de glace mobile, et chaque côté du lanterneau dix-huit baies à vitres fixes.

Intérieur et aménagement. — L'intérieur du wagon-poste est représenté en plan par la figure 4. La partie centrale est occupée par le bureau du tri. Il est séparé des plateformes par des cloisons avec portes roulantes. Le compartiment de water-closet et toilette est adjacent à l'une de ces cloisons. Son aménagement est semblable à celui du compartiment de W.-C. des voitures de voyageurs. Les plateformes sont spacieuses. Sur une partie de leur périmètre sont fixées des barres avec crochets de suspension pour les sacs.

L'emplacement situé près de chacune des entrées du bureau, à gauche, est occupé par des appareils de chauffage. En regard de chacune des baies centrales, est établie une section de table comportant une partie mobile qui, en s'abattant, laisse un espace libre permettant de suspendre des sacs à une barre horizontale disposée à cet effet. En dehors de ces points, le pourtour du bureau de tri est garni de tables et de casiers. Ce mobilier est métallique. Les casiers de tri sont du modèle en tôle mis au point d'après les indications du Comité technique des P.T.T.. Les cases sont un peu plus grandes qu'ailleurs dans celle des quatre sections où les chargements doivent être manipulés et classés. Cette section comporte la table d'ouverture et de timbrage. Les tables sont en tôle de 3 millimètres d'épaisseur, avec

Digitized by Google

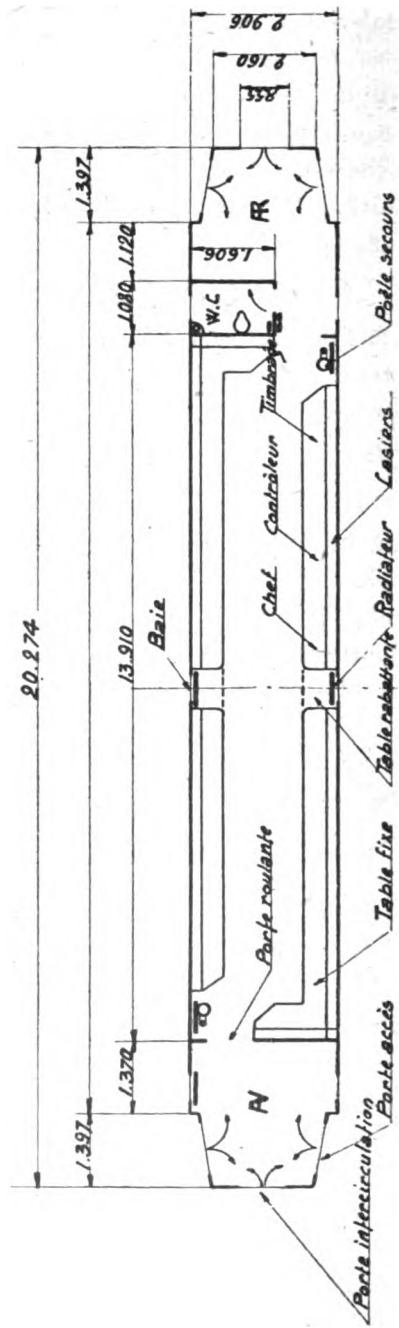
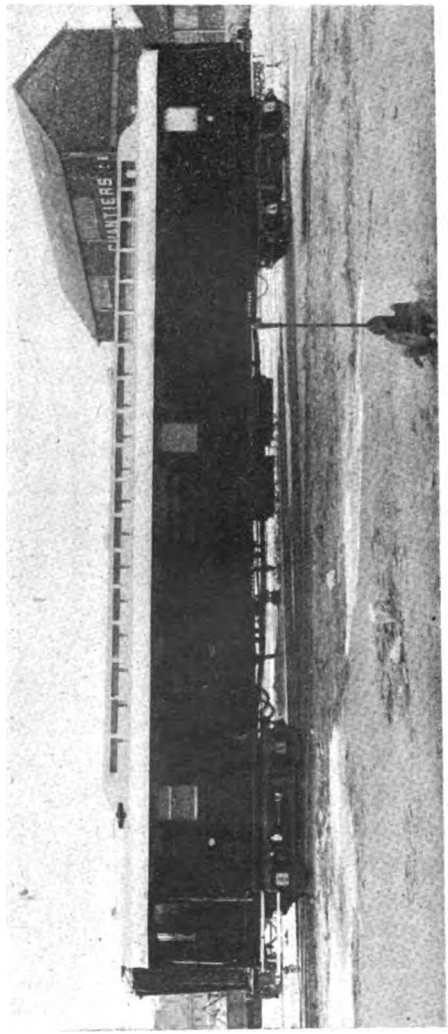


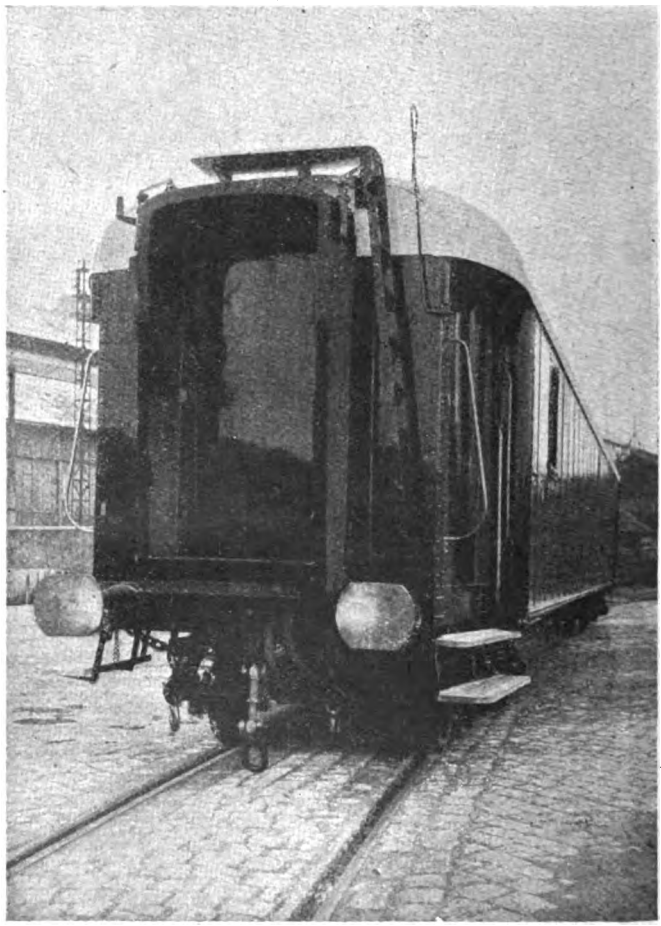
Fig. 4. — Plan schématique du wagon-poste de 20m, 28.

Digitized by Google



Digitized by Google

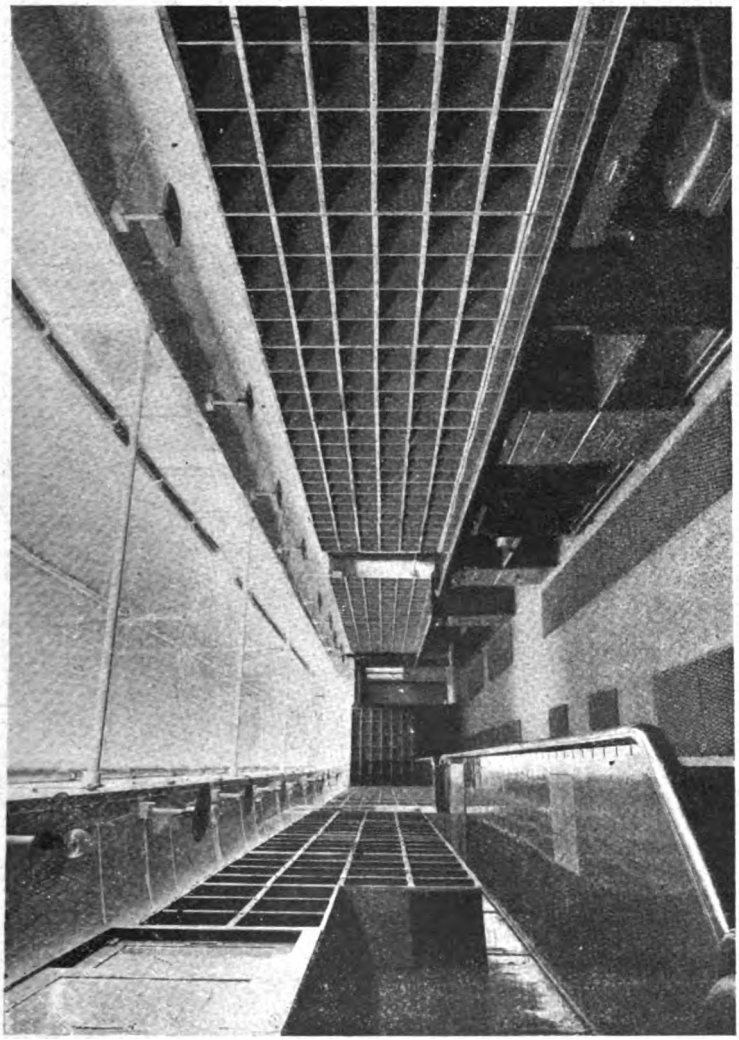
bords repliés pour recevoir des bourrelets de cuir et crin. Le dessous des tables, appelé soubassement, est compartimenté par des tablettes et des montants, constitués par des cadres en cor-



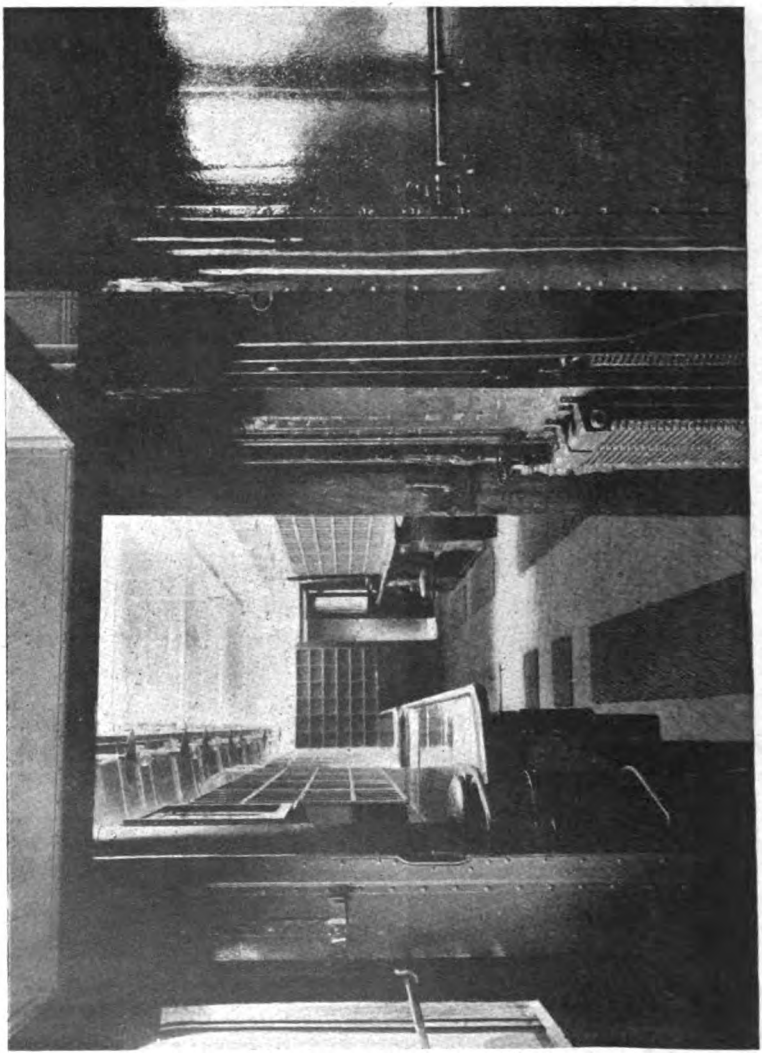
nière et des tôles ajourées. Sous une tablette, de chaque côté, en regard de la table de timbrage, sont installées les boîtes aux lettres, du modèle à tiroir. Le soubassement comporte, en plus, des coffres, des tiroirs et des sièges à glissières.

Chauffage. — Le chauffage par la vapeur est assuré par les

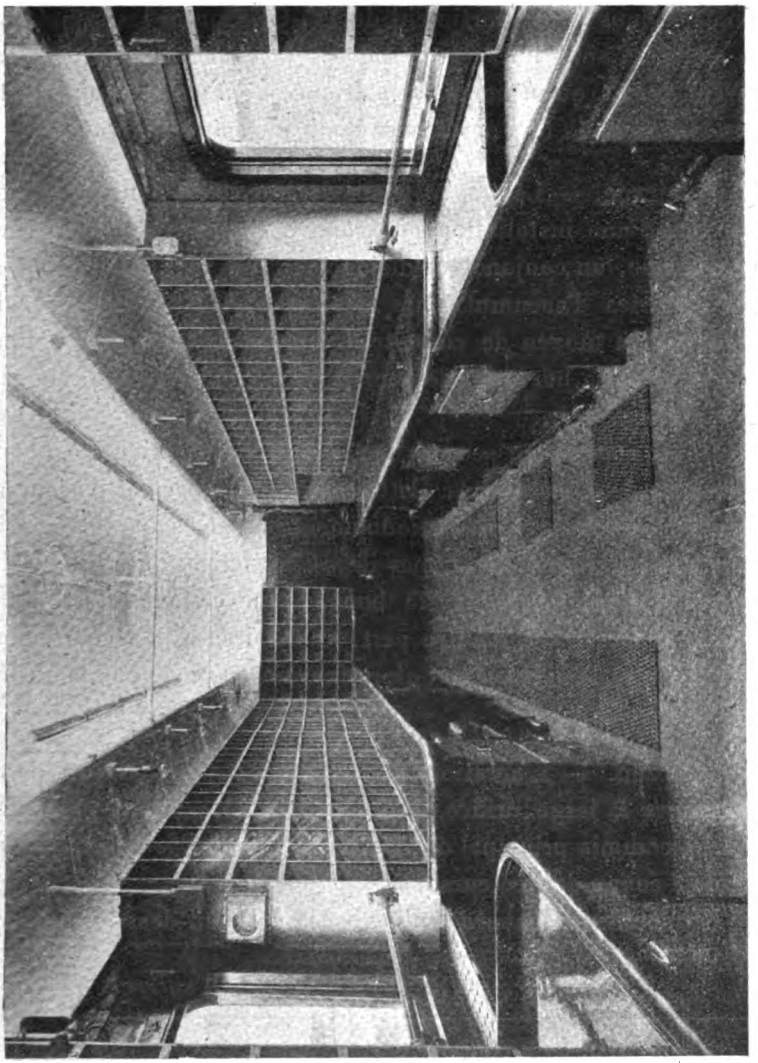
Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google

radiateurs sus-indiqués et des tubes chauffe-pieds placés à quelques centimètres du plancher à la partie antérieure des soubassements. Des radiateurs sont en outre installés sur les plateformes et dans le compartiment de W.-C.. Contre les radiateurs des entrées, sont fixés deux poêles à charbon, lesquels ne doivent servir qu'au cours du stationnement des wagons-poste dans les gares où l'on ne dispose d'aucune source de vapeur.

Éclairage. — Le wagon-poste de $20^m,28$ est pourvu en premier lieu d'une installation autogène d'éclairage qui comprend une dynamo, un conjoncteur-disjoncteur, un régulateur Dick et deux batteries d'accumulateurs alcalins S.A.F.T. Elle fournit l'éclairage au moyen de vingt-trois lampes de 25 bougies, dont dix-huit pour le bureau, une pour le W.-C. et deux sur chacune des plateformes (1).

Il est pourvu, en second lieu, d'une canalisation avec coupleurs aux deux extrémités. Cette canalisation permet d'assurer, d'une part, l'éclairage en stationnement par une source d'énergie extérieure au moyen de lampes de 100 bougies à l'intérieur du bureau et d'une lampe de 25 bougies sur chacune des plateformes, et d'assurer, d'autre part, un éclairage de secours pendant la route, l'énergie étant alors fournie ou reçue par le ou les véhicules voisins.

Aération. — L'aération du bureau est assurée par deux aspirateurs à large orifice, d'un modèle récemment créé par M. Irle, commis principal des Postes et des Télégraphes, inventeur déjà connu des lecteurs des *Annales* (2).

Un souffleur Chanard, enfin, est installé au-dessus du compartiment des W.-C..

(*A suivre.*)

---

(1) Les installations d'éclairage pour voitures de chemins de fer ont été parfaitement étudiées et décrites : 1° par M. Bougrier, inspecteur du service électrique de la compagnie d'Orléans (*L'Electricien* : nos 1287, 1288, 1304, 1310, 1318, 1333, des années 1921, 1922 et 1923), et d'autre part, par M. Hanff, ingénieur des P.T.T. (*Annales des P.T.T.* : nos 9 et 10 de 1923).

(2) M. Irle est l'inventeur d'un appareil de chauffage qu'il a décrit dans le n° 4 de l'année 1923.

Digitized by Google

PRODUCTION D'OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES ENTRETENUES A L'AIDE DE TRIODES AUTOREDRESSEUSES A CIRCUITS SÉPARÉS,

Par J. Grel,
Sous-ingénieur des Postes et Télégraphes.

Le présent travail a pour but d'exposer une nouvelle méthode de production d'oscillations électriques entretenues, à l'aide de triodes alimentées exclusivement en courant alternatif et sans autre redresseur que les triodes émettrices elles-mêmes.

I. Historique de la question.

Nous n'insisterons pas sur les nombreux avantages que procurerait la suppression des groupes convertisseurs (de chauffage et de tension de plaque) dans les postes radioélectriques émetteurs à lampes. En admettant même que les machines à courant continu de haute tension soient aussi robustes et d'une construction aussi aisée que les machines industrielles, l'avantage n'en demeurerait pas moins au poste d'émission qui pourrait se passer d'organes mobiles. Un transformateur ayant toujours un rendement très sensiblement supérieur à celui d'un groupe convertisseur, le rendement général du poste serait amélioré. L'installation et l'entretien d'une station ainsi équipée seraient, d'autre part, grandement simplifiés.

a) Triodes alimentées en courant alternatif non-redressé. — La première solution qui se présente consiste à alimenter, purement et simplement, les triodes émettrices (plaques et filaments) par du courant alternatif naturel. Dans ces conditions, l'onde émise est modulée à la fréquence d'alimentation, et la source ne débite que pendant une alternance. Cette solution se

Digitized by Google

prête à l'émission télégraphique, mais non à l'émission téléphonique.

b) Triodes émettrices alimentées par des redresseurs distincts. — Un premier pas dans la voie de la production d'oscillations entretenues et non-modulées a été réalisé par l'emploi de redresseurs statiques destinés à fournir la tension de plaque. Complétés par un filtre convenable, ces redresseurs donnent un courant suffisamment rectifié pour être utilisé aux lieu et place du courant produit par une machine à courant continu de haute tension.

c) Triodes émettrices autoredresseuses du système Blanchard. — Une simplification importante a été apportée par M. Blanchard, qui, par un montage approprié, supprime l'emploi du redresseur et fait jouer ce rôle aux triodes émettrices elles-mêmes.

Rappelons le principe du montage Blanchard (fig. 1). Deux triodes (ou groupes de triodes) A et B ont leurs filaments alimentés en parallèle par un même transformateur T_1. Les plaques des deux triodes sont respectivement reliées aux extrémités d'un second transformateur T_2, élévateur de tension, à prise médiane. Sur le circuit de retour commun des filaments à la prise médiane, on intercale la bobine de plaque. La bobine de grille, couplée à la bobine de plaque, est montée, comme d'habitude, en série dans le circuit grille—filament. (Les grilles sont réunies en parallèle.)

Le fonctionnement de l'ensemble s'explique aisément. Pendant une alternance, la plaque de l'une des lampes (celle de A, par exemple) est rendue positive ; un courant traverse donc la bobine de plaque dans le sens MN. Si le couplage est convenable, la grille G est rendue positive, et les oscillations peuvent s'entretenir grâce à la lampe A. Pendant ce même temps, la lampe B reste inactive. Pendant l'alternance suivante, le même rôle est joué par la lampe B, qui oscille seule à son tour. En définitive, les triodes oscillent successivement, et le circuit LC

Digitized by Google

placé aux bornes de la bobine de plaque devient le siège d'oscillations entretenues.

Deux condensateurs K et K' permettent le passage des oscillations de haute fréquence.

La modulation due à la fréquence d'alimentation s'atténue en insérant entre D et N une inductance convenable, dont la réactance pour la fréquence d'alimentation est grande vis-à-vis

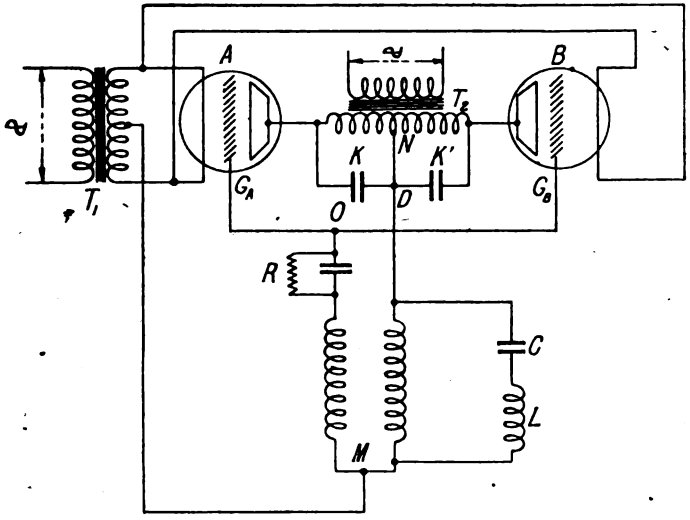


Fig. 1.

de la résistance interne d'une lampe. L'inductance joue, en réalité, le rôle d'un volant, en s'opposant aux variations du courant redressé.

Le montage Blanchard, quoique très séduisant, a cependant un inconvénient. Si nous nous reportons à la figure 1, nous voyons que les grilles, étant reliées en parallèle, sont toutes deux au même potentiel. Il en résulte que la grille de la lampe qui, à un instant donné, n'oscille pas, donne lieu au même courant de grille que la lampe qui oscille, d'où une perte d'énergie et une diminution de rendement qu'on ne peut éviter.

Cet inconvénient a été reconnu par M. Blanchard, qui a proposé le palliatif suivant : entre chacune des grilles G_A et G_B et le point O où elles sont réunies, on intercale une résistance,

Digitized by Google

shuntée par un condensateur. Malheureusement, cette solution ne peut que diminuer le courant de grille sans le supprimer. Les grilles n'en demeurent pas moins au même potentiel, grâce aux condensateurs shuntant les résistances, et donnent lieu à un courant, plus faible, il est vrai, que dans le premier cas. On serait d'ailleurs arrivé au même résultat en augmentant la valeur de R et en ne laissant subsister qu'une résistance unique.

On conçoit que, si l'on parvenait à rendre les grilles indépendantes, les lampes travailleraient rigoureusement indépendamment l'une de l'autre et le rendement serait amélioré.

II. Dispositif émetteur autoredresseur a circuits séparés.

On peut réaliser cette condition en utilisant, au lieu d'un transformateur à prise médiane, un transformateur élévateur ordinaire et deux triodes (ou groupes de triodes) possédant chacune un circuit oscillant qui lui est propre.

Le montage à réaliser est le suivant (fig. 2) : S est le secondaire du transformateur de plaque. Il est shunté par une capacité K. Le chauffage des triodes est réalisé par deux transformateurs distincts, présentant un isolement convenable entre primaire et secondaire.

A. Fonctionnement. — Pendant une alternance, la plaque d'une des lampes (P_A, par exemple) est rendue positive, et le circuit LC va être le siège d'oscillations comme si A était alimenté en courant continu. Pendant le même temps, la plaque de B est négative. Cette lampe ne peut donc osciller.

A l'alternance suivante, le contraire se produira : B oscillera seule, A restera inactive.

Examinons de plus près comment se comporte la lampe qui, à un instant donné, n'oscille pas. Supposons, pour fixer les idées que A oscille seule.

a) *Effet des tensions de basse fréquence* (*tension d'alimentation*). — P_A et G_B sont au même potentiel (les réactances des inductances des bobines de grille et de plaque sont négligeables

Digitized by Google

pour la fréquence d'alimentation). Mais G_B est au même potentiel que F_B. Donc aucun courant de grille ne peut prendre naissance dans B du fait que P_A est porté par S à un potentiel positif.

b) *Effet des tensions de haute fréquence.* — 1° Tension

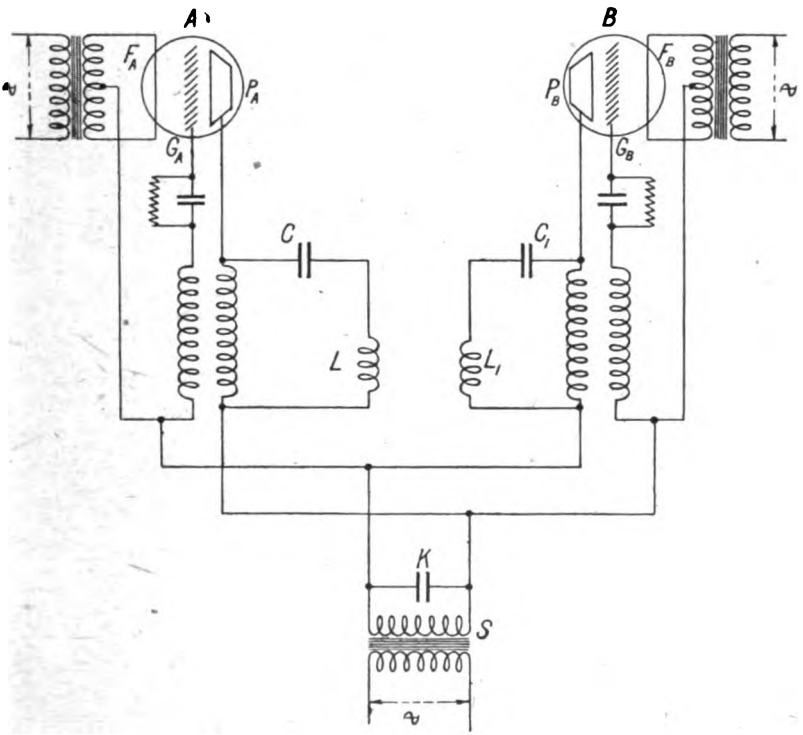


Fig. 2.

induite dans la bobine de plaque de A. — L'alternance négative de cette tension n'a aucun effet nuisible. L'alternance positive, au contraire, s'ajoute à la tension d'alimentation et peut induire dans la bobine de grille de B une tension telle, que G_B soit positive par rapport à F_B, d'où naissance d'un courant de grille.

L'expérience montre que ce courant est en général négligeable (quelques microampères pour une lampe E/4.M). Dans le cas d'un couplage grille—plaque très serré, il n'atteint pas un milliampère, soit le dixième du courant de grille de A dans les

Digitized by Google

mêmes conditions. Ce cas ne se produit d'ailleurs pas en pratique. Il correspond, en effet, à un courant de grille inadmissible pour A. La raison en est simple. L'amplitude de la tension de haute fréquence qui se superpose à la tension d'alimentation de la plaque de A atteint alors approximativement la valeur maximum de cette tension. Comme la tension de grille est en opposition avec la tension de plaque, et que son amplitude est

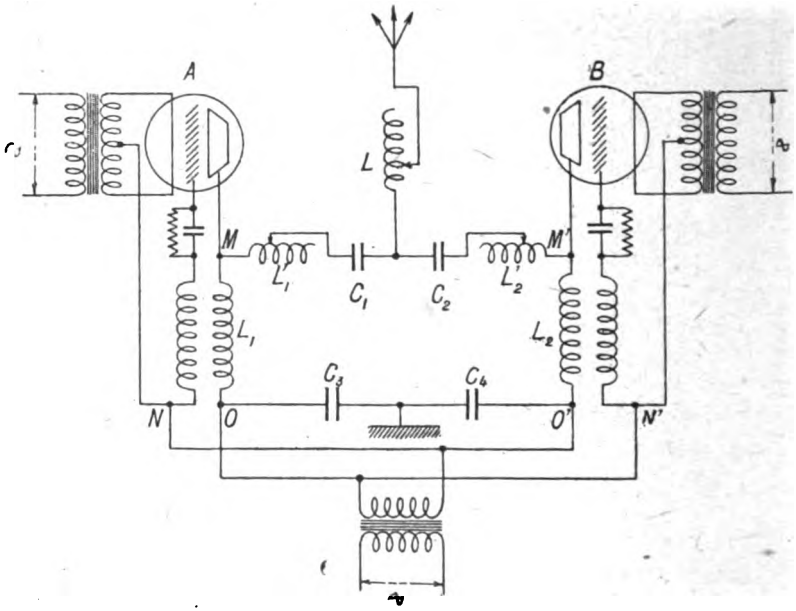


Fig. 3.

dans ce cas très élevée, la grille aura un potentiel positif très élevé lorsque la tension de plaque sera nulle, d'où débit exagéré et échauffement dangereux de la grille, et, au surplus, rendement défavorable, sans parler du danger d'inversion du courant de grille.

2° Tension induite dans la bobine de grille de A. — L'alternance positive seule pourrait avoir un effet nuisible. Mais, d'une part, l'amplitude maximum de la tension de haute fréquence de grille est toujours inférieure à la tension d'alimentation. D'autre part, le filament de B est au même potentiel que le pôle positif de la source. La plaque de B ne sera donc jamais

Digitized by Google

positive par rapport à F_B. Aucun courant de plaque ne prendra naissance dans B.

On voit, par ce qui précède, que le dispositif proposé rend bien les lampes oscillatrices entièrement indépendantes.

B. Entretien d'oscillations dans un circuit unique. — Le dispositif proposé comporte donc deux circuits oscillants dis-

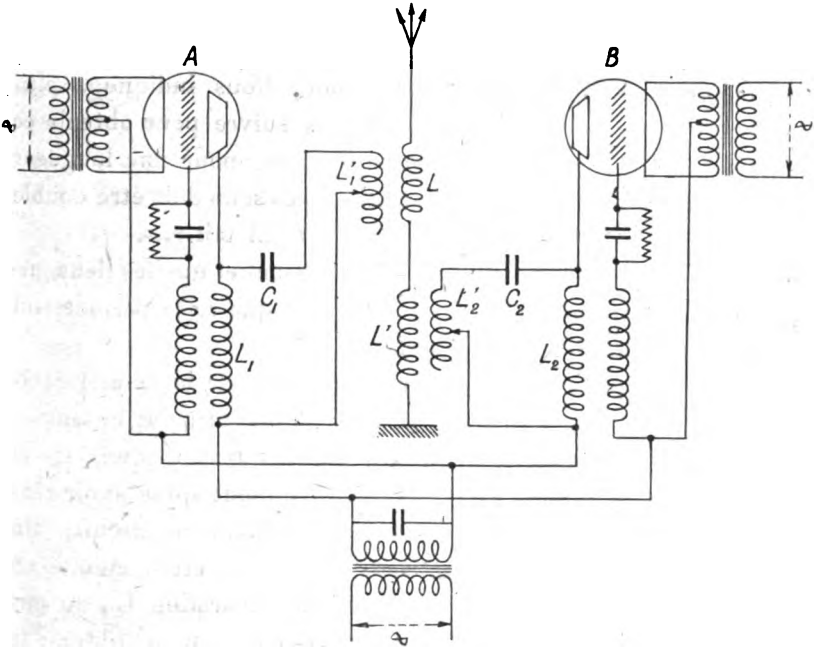


Fig. 4.

tincts, qui sont tour à tour le siège d'oscillations de haute fréquence. En les couplant par induction ou par capacité à un circuit unique, ce dernier totalisera les effets des deux circuits excitateurs et pourra rayonner à son tour de l'énergie.

La figure 3 représente un couplage par capacité à une antenne. Les circuits excitateurs peuvent être considérés comme couplés par dérivation avec l'antenne, les capacités C_1, C_2, C_3, C_4, ayant pour but d'éviter de mettre la source en court-circuit. Les inductances L'_1 et L'_2 peuvent être couplées avec les inductances de grille des triodes correspondantes, de manière à conserver la

Digitized by Google

condition d'entretien quand on fait croître la longueur d'onde.

La figure 4 représente un couplage par induction (1).

Remarques. — 1° En se reportant au raisonnement exposé sous le paragraphe précédent (*b*, 1° et 2°), on se rend compte que la tension de plaque à haute fréquence de la lampe qui oscille ne saurait donner lieu à un courant de plaque dans l'autre lampe.

2° Dans le couplage de la figure 3, les selfs $(L_1 + L'_1)$ et $(L_2 + L'_2)$ doivent être égales, pour que les deux circuits excitateurs aient la même longueur d'onde. Nous indiquons plus loin (voy. Remarque 3) la méthode à suivre pour obtenir ce résultat; mais il y a lieu de remarquer que, pour une longueur d'onde donnée, la valeur de chacune de ces selfs doit être double de celle qui serait nécessaire si l'autre n'existait pas.

3° Dans l'un et l'autre cas, il est essentiel que les deux circuits excitateurs aient la même période et que cette période soit égale à celle du circuit rayonnant.

Le réglage peut s'effectuer simplement de la manière suivante. On fait d'abord osciller A seule en supprimant la tension de plaque (ou le chauffage) de B et on mesure à l'ondemètre la longueur d'onde émise par le circuit rayonnant après avoir réalisé la résonance (maximum de courant dans ce circuit). On effectue ensuite la même opération pour B (A étant éteinte ou n'oscillant pas) et on agit sur l'inductance variable L'_2 du circuit oscillant et sur le couplage grille—plaque pour obtenir la même longueur d'onde et des valeurs des courants de plaque et de grille voisines de celle de A. La retouche sera généralement de peu d'importance, car on aura eu soin au préalable de construire des inductances semblables pour les deux lampes.

Si les périodes des deux circuits oscillants étaient différentes, chacun d'eux oscillant à tour de rôle, la réception serait caractérisée par un ronflement à la fréquence d'alimentation et l'on trouverait l'accord sur deux ondes distinctes.

(1) Figure 4. — Le couplage direct entre L'_1 et L'_2 doit être le plus lâche possible. C'est pourquoi la self d'antenne est divisée en deux parties disposées en série (cas de la figure) ou en parallèle.

Digitized by Google

C. Manipulation. — Une petite complication s'introduit du fait de l'existence de deux circuits excitateurs et de la nécessité (suivant le mode de manipulation) de créer simultanément deux coupures. Mais il est facile de construire un manipulateur spécial comportant deux contacts de travail convenablement isolés. On réalisera de préférence la coupure sur les retours communs de grille et plaque aux filaments.

Il peut, dans certains cas, paraître plus avantageux de manipuler par changement de longueur d'onde en court-circuitant, par exemple, un certain nombre de spires de la self d'antenne ou couplées à la self d'antenne.

D. Filtrage. — Il y a deux instants par période pour lesquels les tensions de plaque des deux triodes sont simultanément nulles. Si l'amortissement des circuits oscillants est grand et si la fréquence d'alimentation est faible vis-à-vis de la haute fréquence, les oscillations « décrochent » à chacun de ces instants. Il en résulte à la réception un ronflement caractéristique, peu agréable, quoique non nuisible en télégraphie. Il y a donc intérêt à prendre des circuits excitateurs aussi peu amortis que possible et à choisir une fréquence d'alimentation élevée. Cette dernière condition peut être évitée si l'on réalise au préalable un bon filtrage du courant d'alimentation.

Pour cela, nous considérerons chaque triode sous son aspect de redresseur. Nous avons déjà vu, à propos du montage Blanchard, que l'introduction d'une inductance convenable sur le parcours du courant redressé jouait le rôle de volant et atténuait la variation du courant redressé. Nous intercalerons donc sur chaque branche, c'est-à-dire en série avec chaque bobine de plaque, une inductance λ telle que : $\frac{\lambda\omega}{\rho} > 1$, ω étant la pulsation du courant d'alimentation, et ρ la résistance interne d'une triode ou d'un groupe de triodes. Cette condition conduit à des valeurs de λ assez fortes, et d'autant plus grandes que les triodes sont de faible puissance. (Nous ne considérons, bien entendu, que le cas des fréquences d'alimentation industrielles.)

Digitized by Google

Dans la pratique, des inductances de quelques henrys sont suffisantes. La tension efficace appliquée à la plaque est légèrement diminuée, de la quantité :

$$I_{eff}\sqrt{R^2+\omega^2\lambda^2},$$

R étant la résistance de l'enroulement, et I_{eff} étant l'intensité efficace traversant l'inductance $\left(I_{eff}=\frac{\pi\sqrt{2}}{4}I_{moy.\ plaque}\right)$.

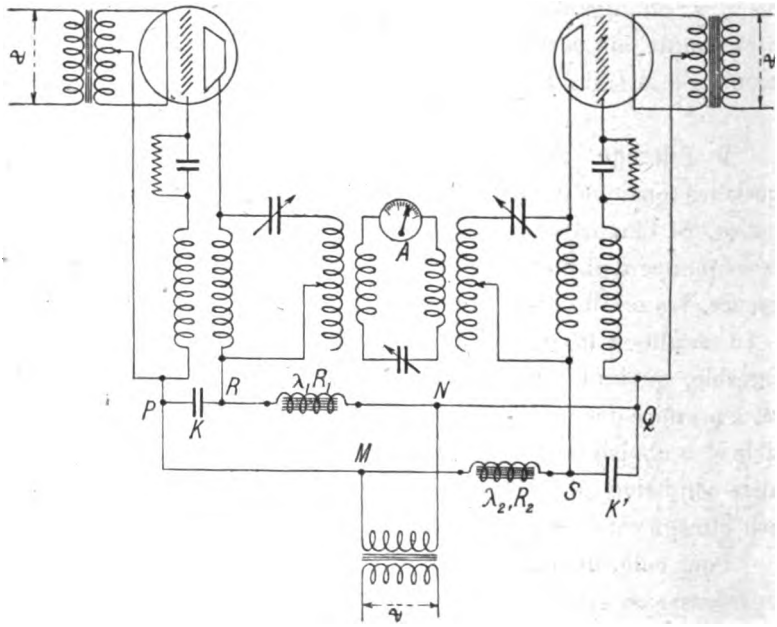


Fig. 5.

Il suffira de choisir convenablement la tension du transformateur d'alimentation pour rattraper la chute de tension dans l'inductance. Cette diminution est, la plupart du temps, négligeable.

Il est bien entendu que chacune des inductances doit être shuntée par un condensateur permettant le passage des courants de haute fréquence (K et K').

Le rôle des inductances de filtrage peut s'expliquer de la manière suivante. Au début de l'alternance qui tend à rendre,

Digitized by Google

par exemple, la plaque de A positive, λ_1 donne naissance à une force électromotrice de valeur $-\lambda_1 \frac{di_1}{dt}$ qui s'oppose à l'établissement du courant i_1. Le groupe A ne commence donc pas à osciller à l'instant même où la tension maximum du transformateur le permettrait. L'oscillation ne débute qu'un peu plus tard, et d'autant plus tard que le rapport $\frac{\lambda_1}{R_1}$ est plus grand (R_1 étant la résistance ohmique de λ_1).

Vers la fin de l'alternance, quand la tension maximum du transformateur est insuffisante pour entretenir l'oscillation de A, λ_1 restitue l'énergie emmagasinée en développant une force électromotrice qui s'ajoute à la tension du transformateur et permet à l'oscillation de se continuer pendant une durée proportionnelle à $\frac{\lambda_1}{R_1}$ (en réalité, la restitution commence à l'instant où l'amplitude de la tension du transformateur commence à décroître).

Si $\frac{\lambda_1}{R_1}$ est suffisamment grand et si le circuit oscillant est peu amorti, l'oscillation pourra subsister encore après la fin de l'alternance, pendant que λ_2 fonctionnera à son tour de la même manière que λ_1 en s'opposant à l'établissement du courant de plaque de B, de telle sorte que, lorsque les oscillations s'éteindront dans A, celles de B débuteront, et il n'y aura pas d'interruption dans la continuité des ondes émises par l'antenne. C'est là évidemment un cas idéal, mais on conçoit qu'il soit pratiquement possible de réduire, dans un rapport donné, l'écart entre la fin des oscillations de A et le début de celles de B.

La question du filtrage est surtout importante pour un poste émetteur de radiophonie. Pour un poste télégraphique, une légère modulation n'offre aucun inconvénient à la réception. Elle peut même servir à caractériser un poste d'émission et à faciliter ainsi la lecture au son en cas de brouillage.

E. Emploi du dispositif émetteur autoredresseur à circuits excitateurs séparés. — Le dispositif décrit ci-dessus peut être appliqué à tous les postes émetteurs radioélectriques.

Digitized by Google

En particulier, l'antenne peut être remplacée par un circuit fermé (fig. 5). On réalise ainsi un cadre d'émission ou un hétérodyne. Muni d'une bobine exploratrice, l'hétérodyne pourra être employé aux lieu et place d'un hétérodyne alimenté en courant continu. Dans ce cas, pour éviter l'induction directe de chaque circuit excitateur sur le récepteur et, par suite (chaque lampe étant le siège d'oscillations modulées à la fréquence du secteur), pour éviter la production de ronflements audibles, il y aura intérêt à enfermer les circuits de l'hétérodyne dans une cage de Faraday ou tout au moins à les éloigner suffisamment du récepteur.

Le dispositif émetteur autoredresseur à circuits séparés est surtout avantageux dans le cas des postes de petite puissance, où l'exploitation est confiée à des agents inexpérimentés. Les réglages ayant été repérés une fois pour toutes lors de l'installation, le poste ne nécessite aucun entretien et n'est pas susceptible de se dérégler. Comme il ne comporte aucun organe tournant, il n'exige qu'un emplacement très minime, déterminé par l'encombrement des circuits excitateurs. Il est de plus d'un fonctionnement rigoureusement silencieux. Ce dernier point constitue un sérieux avantage dans le cas des postes de secours installés dans les locaux des bureaux de poste communs aux trois services.

Le dispositif émetteur autoredresseur à circuits séparés se prête également à l'émission d'ondes modulés par un courant microphonique. On peut moduler, soit par absorption (cas des postes de faible puissance) en insérant un microphone dans un circuit couplé à la self d'antenne, soit par variation des tensions de grille en agissant simultanément, au moyen de deux transformateurs, sur les grilles des deux lampes ou groupes de lampes.

On pourrait encore vraisemblement, sous réserve de certaines précautions, utiliser le dispositif autoredresseur à circuits séparés pour réaliser l'excitation séparée de deux lampes ou groupes de lampes plus puissantes, alimentées d'une manière analogue.

F. Résultats obtenus. — Nous avons construit sur ces prin-

Digitized by Google

cipes, et par nos propres moyens, un poste émetteur autoredresseur à circuits excitateurs séparés, présentant les caractéristiques suivantes :

triodes : 2 lampes E/4. M ou Fotos, du type de 40/45 watts,

tension de chauffage (alternatif) = 5 volts eff.,
tension de plaque (alternatif) = 1.100 volts eff.,
tension d'alimentation = 110 volts, 50 p/s.,
} obtenues par transformateurs Ferrix spéciaux,

inductance de plaque = $1^{mH},2$
inductance de grille = $8^{mH},5$
} pour chaque circuit.

Le poste alimentait (couplage par capacité) une antenne de 500 mètres de longueur d'onde propre, et dont la résistance, non mesurée, peut être évaluée à une quinzaine d'ohms.

Pour $\lambda = 1.500$ mètres, l'intensité d'antenne atteignait $1^{A},2$, soit une puissance oscillante de 20 watts environ ; pour cette intensité du courant oscillant on avait :

$I_{grille} = 2$ milliampères par lampe,
$I_{plaque} = 30$ » » » .

Le montage Blanchard accusait un courant de 5 à 6 milliampères par lampe dans les mêmes conditions.

Il est à remarquer que la puissance totale recueillie dans l'antenne ne peut dépasser la puissance maximum d'une triode alimentée en courant continu, puisque chaque triode ne travaille que pendant une alternance.

L'émission, écoutée à 50 mètres environ de l'antenne émettrice, révélait un très léger ronflement, attribuable à un filtrage imparfait (faute d'inductances convenables).

A titre de comparaison, une des deux triodes, alimentée seule en courant continu sur le même circuit oscillant et la même antenne, avec une tension de plaque de 1.000 volts, donnait lieu à un courant oscillant de $1^{A},3$. Mais la puissance absorbée au réseau par le groupe convertisseur s'élevait à 320 watts (chauffage non compris). Dans le cas des deux triodes autoredresseuses, elle atteignait 160 watts (chauffage compris).

Digitized by Google

LES TABLEAUX D'APPELS DE MESSAGERS DANS LES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES AMÉRICAINS,

Par Jean JACOB,
Ingénieur des Postes et Télégraphes (1).

Introduction. — Les compagnies télégraphiques américaines veillent aux intérêts de leur clientèle avec autant de soin que le ferait en France une grande banque ou une importante industrie. Toutes les facilités sont données aux usagers afin qu'ils puissent sans dérangement effectuer le dépôt de leurs télégrammes : s'ils ne veulent pas les apporter aux guichets, ils peuvent les téléphoner au bureau central télégraphique sans avoir aucune taxe supplémentaire à payer ; ils peuvent aussi appeler chez eux un messager, en manœuvrant à domicile une clé d'appel, pour provoquer, sur un tableau situé au bureau télégraphique le plus proche, la chute d'un volet annonciateur et l'inscription, sur une bande, de groupes de signaux différents pour chaque abonné : un messager court aussitôt prendre livraison des télégrammes.

Un tableau comprend en général 150 lignes ; il y a 50 abonnés sur une même ligne. Le tableau reçoit par jour 1.000 appels, qui correspondent à l'envoi de 1.800 télégrammes.

Exposé général des conditions à réaliser. — Les boîtes d'appels situées dans les différentes stations d'abonnés sont placées sur des circuits qui aboutissent, au bureau central, à des récepteurs susceptibles de fonctionner non seulement quand la ligne fonctionne normalement, mais encore quand un défaut (terre ou contact) se produit. L'employé de service au tableau est prévenu de l'existence des défectuosités. Des enregistreurs de signaux complètent les organes de réception. Il est parfois utile que deux bureaux puissent indifféremment répondre aux appels

(1) Extrait d'un rapport de mission aux États-Unis d'Amérique.

Digitized by Google

reçus sur un circuit : c'est le cas d'abonnés reliés pendant le jour à un bureau fermé la nuit et qui sont desservis pendant la nuit par un autre bureau : dans ce but, les deux méthodes suivantes sont appliquées.

Dans l'une (appelée *plan A* sur les documents américains), chacun des deux bureaux est pourvu d'une installation complète pour recevoir et enregistrer les appels ; les bureaux sont reliés par deux fils, de telle sorte que le circuit d'appels puisse être amené sur le groupe d'appareils de l'un ou l'autre bureau.

Dans l'autre méthode (ou *plan B*) un appareil récepteur est placé au bureau central ; le bureau secondaire est seulement doté d'un appareil enregistreur qui peut être relié à l'appareil récepteur par un circuit local. Il est possible de recevoir sur un seul enregistreur tous les appels parvenus aux appareils récepteurs d'un groupe de circuits, à condition que le nombre de ces appels soit relativement petit. On dispose alors, en outre, d'un tableau annonciateur dont chaque volet est assigné à un circuit. Le montage est tel, qu'à la réception des signaux le numéro de la boîte appelante s'inscrit sur l'enregistreur commun et que le volet correspondant au circuit utilisé fonctionne. L'emploi d'annonciateurs est particulièrement applicable à l'exploitation, par le bureau central, des circuits d'appels peu chargés pendant les périodes où les bureaux secondaires sont fermés. Il doit être apporté, dans ce cas particulier, un grand soin au groupement des circuits de bureaux secondaires, afin d'éviter la perte de trafic qui se produirait si des circuits chargés étaient reliés à un enregistreur commun. Deux groupes de circuits sur chacun desquels le total des appels dépasse 10 par heure pendant les heures où le bureau secondaire est fermé ne devront jamais aboutir à un enregistreur commun. L'établissement d'une statistique rigoureuse du nombre des appels par circuit doit donc précéder la réalisation de cet arrangement technique. Des appareils d'essais permettent de vérifier l'état de la ligne et des boîtes d'appels. Le remplacement d'une installation réceptrice défectueuse est immédiat.

Digitized by Google

Théorie élémentaire (fig. 1). — Les boîtes d'appels B et B_1 sont placées en série sur la ligne L, qui a une extrémité à la terre en G, et dont l'autre extrémité, située au bureau central, est reliée à travers l'enroulement d'un relais R, à une batterie MB dont un pôle est à la terre en G_1. Le contact de retour J et l'armature K du relais R font partie d'un circuit local contenant l'enregistreur D et la batterie locale LB. Le courant passe normalement de la batterie principale MB à travers le relais R, la ligne L et les boîtes d'appels B et B_1 jusqu'à la terre en G ; l'armature X alors attirée est séparée du contact J : le circuit enregistreur est ouvert.

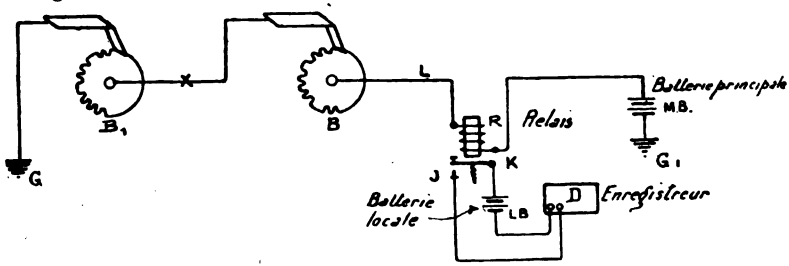


Fig. 1.

Le fonctionnement d'une boîte d'appels fait tourner une roue brisée et permet à une plume de contact de passer successivement par dessus les crans de cette roue ; il en résulte des interruptions et des rétablissements successifs du courant ; l'armature du relais R s'appuie alternativement sur les contacts J et K ; le circuit local est fermé, et l'enregistreur inscrit des signaux sur une bande de papier dont le mouvement est automatiquement entretenu.

Si la ligne était accidentellement coupée au point X, aucun courant ne passerait, le relais R ne pourrait fonctionner sous l'impulsion d'une boîte d'appels. De même, si une terre étrangère se produisait au point X, aucun signal envoyé par les boîtes d'appels situées entre le défaut et la terre G ne serait transmis au bureau central. Cette dernière difficulté peut être surmontée en adoptant le montage de la figure 2.

L'extrémité de la ligne, au lieu d'être à la terre en G, est

Digitized by Google

reportée au bureau central, où elle est reliée, par l'enroulement d'un autre relais R_1, au levier d'une clé commutatrice S, dont un contact est à la terre en G et l'autre à la batterie centrale MB. Le levier de S est normalement placé à gauche, de sorte que la ligne est à la terre. Les contacts et l'armature du relais R_1 sont reliés à ceux de R, afin que l'enregistreur soit sous la dépendance de l'un ou l'autre de ces deux relais. Le fonctionnement d'une boîte d'appels quelconque actionne R et R_1 ; le signal est répété dans le circuit local enregistreur.

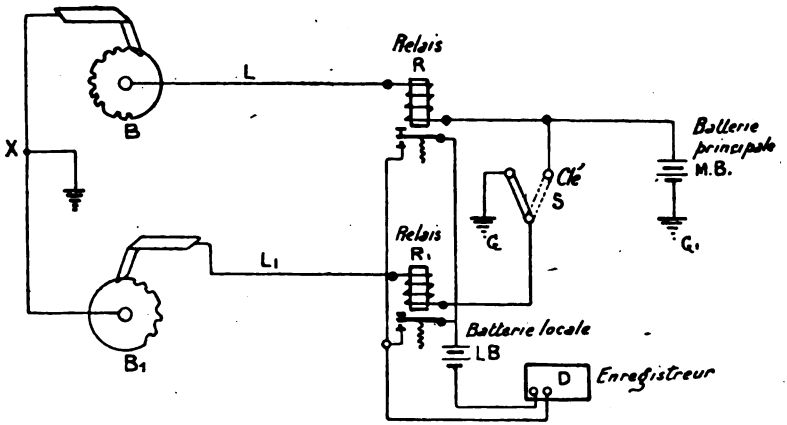


Fig. 2.

Si la ligne était accidentellement à la terre en X, la portion L_1, comprise entre le défaut et la terre G, qui comprend le relais R_1, serait privée de courant : l'enregistreur fonctionnerait continuellement. Si le levier de S est maintenant dirigé vers la droite, le relais R_1 sera de nouveau traversé par le courant qui parcourt la section L_1 jusqu'à la terre X. Tous les signaux transmis par les boîtes d'appels situées dans la section L feront fonctionner le relais R ; les signaux seront répétés dans le circuit local comme sur la figure 1. De même, les signaux transmis par les boîtes de la section L_1 actionneront le relais R_1 et, par son intermédiaire, l'enregistreur.

Si le circuit avait été coupé en X au lieu d'être à la terre, aucun signal n'aurait pu être transmis par les boîtes d'appels au bureau central. La difficulté peut être aussi surmontée en effec-

Digitized by Google

tuant le montage de la figure 3, et en dotant chaque boîte d'appels de deux roues brisées, dont l'une ouvre ou ferme le circuit comme précédemment et l'autre met la ligne en communication avec la terre aussitôt après qu'un signal de rupture est envoyé par la première roue et maintient cette terre aussi longtemps que la première roue laisse le circuit ouvert. L'installation du bureau central comporte deux commutateurs supplémentaires S_1 et S_2 dont les leviers sont reliés à l'enregistreur D ; le con-

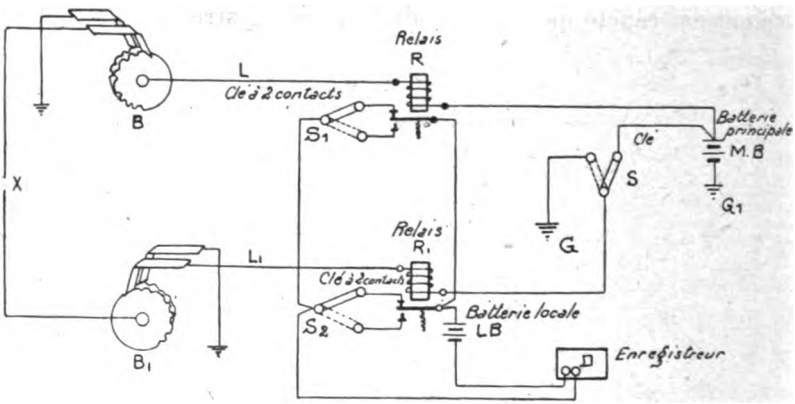


Fig. 3.

tact supérieur de chaque commutateur est relié au contact antérieur du relais et le contact inférieur au contact postérieur du relais.

Supposons que la ligne soit coupée au point X. Si le levier de la clé S est dévié sur la droite, la batterie est connectée aux deux extrémités de la ligne et, si les leviers des clés S_1 et S_2 reposent sur les contacts antérieurs des relais R et R_1, aucun courant ne passe sur la ligne du fait de la coupure X, et les armatures de R et R_1 reposent sur leur contact postérieur. Quand une boîte d'appel, dans une section quelconque de la ligne, est mise en mouvement, la mise à la terre momentanée du circuit par la boîte d'appels livre passage au courant dans cette branche du circuit entre la boîte qui fonctionne et le bureau central. Le relais correspondant est actionné ; son armature remonte contre le contact antérieur : le signal est répété dans

Digitized by Google

l'enregistreur. Si, par une coupure, la ligne L_1 était mise à la terre, laissant l'autre côté de la ligne L ouvert, le courant continuerait à passer dans la section L_1, tandis qu'aucun courant ne passerait dans la section L ; le fonctionnement pourrait alors être maintenu en plaçant le levier de S_1 dans sa position supérieure et en laissant le levier de S_2 dans sa position inférieure. La section L_1 de la ligne fonctionnerait comme il est expliqué sur la figure 2, et la section L comme il est montré sur la figure 3. S'il n'existe pas de défaut, et si la clé S est renvoyée à sa positon de gauche ou position normale et les clés S_1 et S_2 à leur position inférieure, le schéma de la figure 3 reste efficace. Dans ce cas, lorsque les plumes de contact d'une boîte sont sur un cran de la roue brisée, les relais R et R_1 sont isolés ; lorsque ces plumes sont en contact avec la roue brisée, le relais R est traversé par le courant, tandis que le relais R_1 est isolé, étant court-circuité par la terre de la boîte d'appel. L'armature de R_1 provoque alors le fonctionnement de l'enregistreur. Sur ce relais R_1, est branchée une petite lampe dont l'incandescence signale, lorsqu'elle s'allume, la présence d'un dérangement, qui nécessite alors la manœuvre des clés. L'installation générale du système est donnée sur la figure 4. La ligne L-L_1 contenant les boîtes B, B_1, B_2, etc..., est reliée d'un côté, par l'intermédiaire d'un jack J, du relais R et d'une lampe de résistance T, à une source de courant E. L'autre extrémité de la ligne est reliée, par l'intermédiaire du jack J_1, au relais R_1, et la clé S à la terre G. Les contacts des relais R et R_1 sont reliés respectivement aux clés S_1 et S_2, de façon qu'en changeant la position des leviers la position des armatures sur les contacts antérieur ou postérieur des relais permette le fonctionnement de l'enregistreur local et du circuit d'un buzzer. La clé S permet de substituer la batterie à la terre G, lorsque cette substitution est nécessaire pour vaincre les difficultés dues aux dérangements sur la ligne. Cette clé permute aussi les connections du circuit enregistreur et du circuit du buzzer. Le relais pilote PR est placé sur le circuit de la lampe signal SL et commande le buzzer C.

La ligne étant normale, le courant passe de la batterie E à

Digitized by Google

travers la lampe de résistance T, le relais R, le jack J, les boîtes d'appels B, B_1, B_2, etc..., et retourne, par le jack JK, le relais R_1, les contacts 1 et 4 de la clé S, à la terre G. Les armatures des

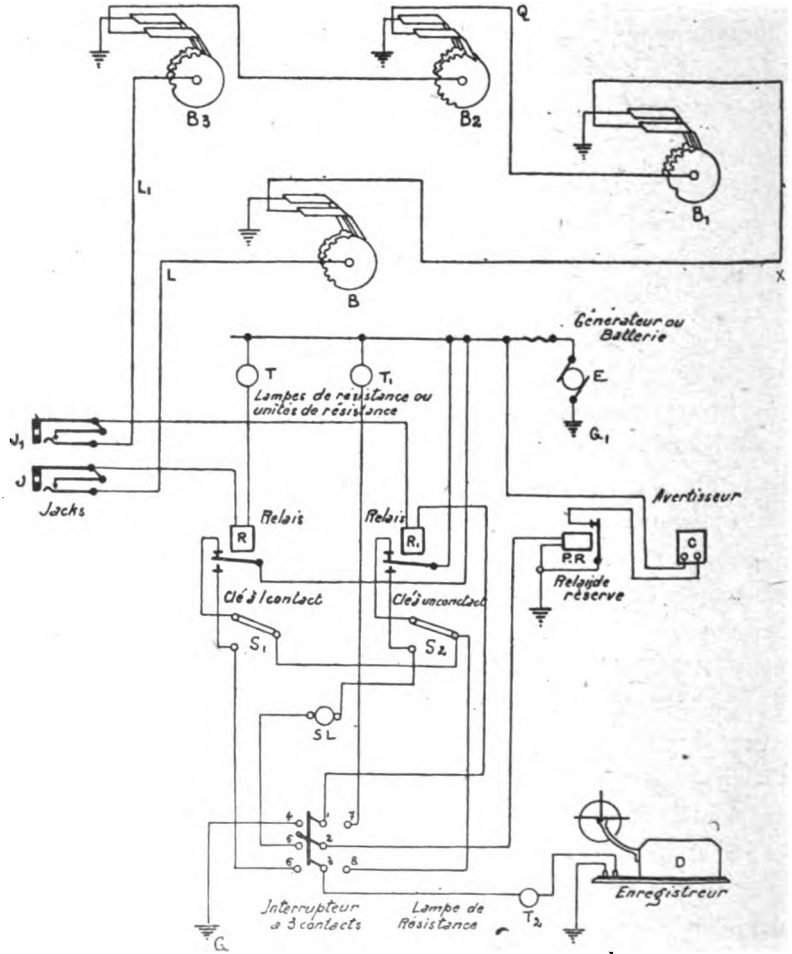


Fig. 4.

relais R et R_1 sont ainsi maintenues contre leurs contacts antérieurs ; les circuits locaux du buzzer et de l'enregistreur sont ouverts. Quand une boîte d'appel, B, par exemple, est mise en action, la roue brisée ouvre la ligne le temps nécessaire pour produire le signal particulier à cette boîte. Chaque coupure fait

Digitized by Google

retomber les armatures des relais R et R_1 contre leurs contacts postérieurs, fermant ainsi les circuits locaux de la lampe signal SL, du buzzer C, et de l'enregistreur. Le courant passe maintenant de la batterie E à la terre G_2 à travers l'armature et le contact postérieur du relais R, les contacts 3 et 6 de la clé S, la lampe de résistance T_2, et l'enregistreur D, qui enregistre le signal. Simultanément, le courant passe de la batterie à la terre G_3 à travers l'armature et le contact postérieur du relais R_1, la lampe signal SL qui s'allume, les contacts 2 et 5 de S, et le relais PR, qui provoque le fonctionnement du buzzer. Mais, comme une boîte d'appels ferme et met simultanément la ligne à la terre, plaçant hors circuit le relais R_1, l'armature de celui-ci reste sur le contact postérieur pendant la transmission de l'ensemble d'un signal. Lorsque ce dernier est terminé, la ligne est de nouveau placée dans les conditions normales, de sorte que le relais R_1 attire son armature contre le contact antérieur. Supposons maintenant qu'une coupure se présente sur la ligne au point Q. Les relais R et R_1 sont isolés, et leurs armatures, retombant sur les contacts postérieurs, ferment les circuits du buzzer et de l'enregistreur. La lampe signal s'allume, l'enregistreur et le buzzer fonctionnent continuellement jusqu'à la suppression du dérangement, qui s'opère en manœuvrant la clé S de gauche à droite : le circuit local est alors connecté aux contacts antérieurs des relais R et R_1 et fonctionnera quand les armatures viendront s'y reposer ; la batterie agit sur l'extrémité de la ligne qui était auparavant à la terre en G : si une boîte d'appels, telle que B_2, fonctionne alors, sa roue brisée met le circuit à la terre autant de fois qu'il est nécessaire pour produire le signal de cette boîte ; le courant passe dans la portion de ligne utilisée dans le relais R_1, dont l'armature est attirée sur le contact antérieur ; le courant du générateur E emprunte l'armature de R_1, la clé S_2, les contacts 3 et 8 de S, et l'enregistreur D, qui transcrit les signaux sur la bande. Comme n'importe quel relais agit maintenant sur le circuit local, l'appel d'une boîte située de l'autre côté de la coupure est enregistré en D. Si la ligne est affectée d'une terre et non d'une coupure au point Q, tant que S

Digitized by Google

reste dans la position de gauche, la section contenant les boîtes B_2, B_3 et le relais R_1 est isolée ; l'armature R_1 retombe sur son contact postérieur et ferme les circuits locaux de la lampe signal, qui s'allume, et du buzzer C, qui appelle jusqu'à ce que le dérangement soit supprimé, ce qui est réalisé en déplaçant la clé S de la gauche vers la droite et en manœuvrant les commutateurs S_1 et S_2 de haut en bas. Ces manœuvres provoquent la liaison de la batterie aux deux extrémités de la ligne et modifient les connexions du circuit local, de sorte que les contacts antérieurs des relais R et R_1 sont séparés, tandis que leurs contacts postérieurs sont reliés à l'enregistreur. Chaque section de la ligne principale est alors indépendante, et un relais ne répond qu'aux signaux envoyés par les boîtes d'appel situées dans la portion de la ligne comprise entre ce relais et la terre ; lorsqu'une boîte d'appels fonctionne, la section correspondante du circuit est coupée le nombre de fois nécessaire à la formation du signal, qui est répété par l'enregistreur : il faut noter que l'enregistreur D est commandé par les contacts des relais R et R_1, et que le buzzer et la lampe signal ne fonctionnent pas, le circuit local contenant ces instruments étant ouvert par suite du changement du commutateur S.

Supposons qu'une coupure se présente sur la ligne dans le voisinage de la terre accidentelle Q, laissant une portion de la ligne L_1 ouverte, tandis que la portion L reste à la terre. Le commutateur S_2 devrait être placé dans sa position supérieure pour reporter les connections du circuit local du contact postérieur sur le contact antérieur. Chaque relais ne répond maintenant qu'aux appels envoyés par les boîtes comprises entre ces relais et la coupure ou la terre. Le fonctionnement, différent dans les deux sections L et L_1, est expliqué dans les paragraphes précédents. Si le circuit est coupé à l'opposé de la terre Q, S_1 doit être relevé et S_2 abaissé.

En résumé, dès qu'un dérangement est constaté, les commutateurs doivent être placés de façon à y remédier, et replacés dans leur position normale dès qu'il cesse. Ainsi les dérangements ordinaires n'interrompent pas le service sur la ligne

Digitized by Google

entière, à quelques cas d'exception près ; par exemple, le cas de deux coupures simultanées en X et en Q ; la boîte B_1 est inutilisable tandis que le reste de la ligne fonctionne normalement. Deux terres simultanées en X et en Q ou une coupure et une terre produiraient le même effet.

Fonctionnement. — Le dirigeur chargé du circuit doit régler avec soin les positions des commutateurs compatibles avec un bon fonctionnement dans des conditions anormales pour la ligne.

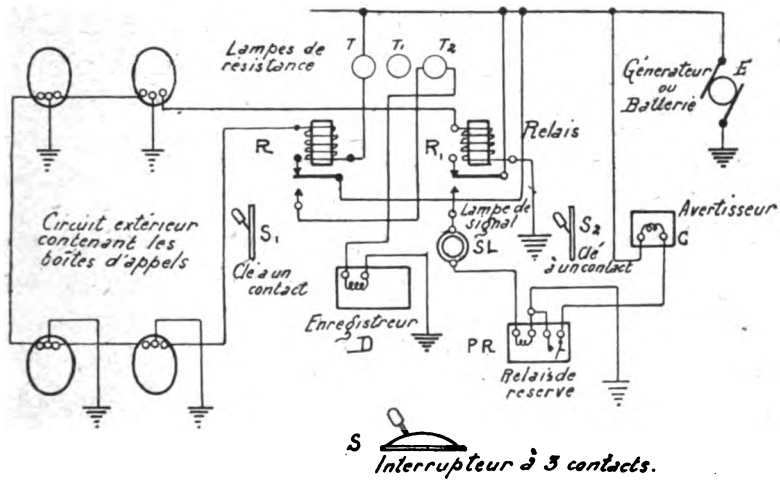


Fig. 5.

Circuit normal. — Lorsqu'un circuit ne présente aucun dérangement, les leviers des commutateurs occupent les positions de la figure 5.

Circuit ouvert. — Ce dérangement est immédiatement indiqué par le fonctionnement ininterrompu de l'enregistreur, du buzzer, et de la lampe signal. En manœuvrant la clé S de la droite vers la gauche, on arrête l'enregistreur et le buzzer, et la lampe s'éteint. Le schéma des connexions résultant du changement dans la position de S est indiqué sur la figure 6.

Circuit à la terre (fig. 7). — La présence d'une terre sur le circuit, alors que les clés sont dans leurs positions normales de

Digitized by Google

la figure 4, est signalée par le fonctionnement continu du buzzer et de la lampe, sans que l'enregistreur fonctionne. Quand le

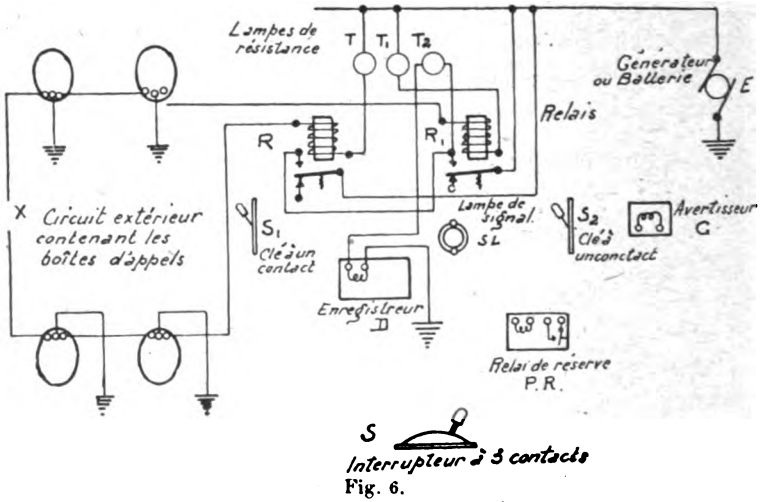


Fig. 6.

levier de S est porté sur la droite comme sur la figure 6, l'enregistreur est actionné, tandis que le buzzer s'arrête et la lampe

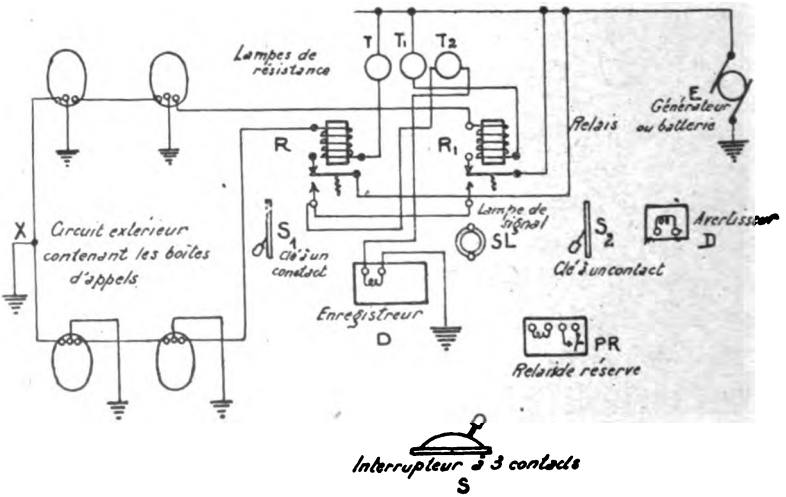


Fig. 7.

s'éteint ; l'enregistreur s'arrête dès que les leviers des clés S, S_1 S_2 sont dans les positions de la figure 7.

Digitized by Google

Circuit ouvert et à la terre simultanément. — Ce dérangement, quand les clés sont dans leurs positions normales (fig. 5),

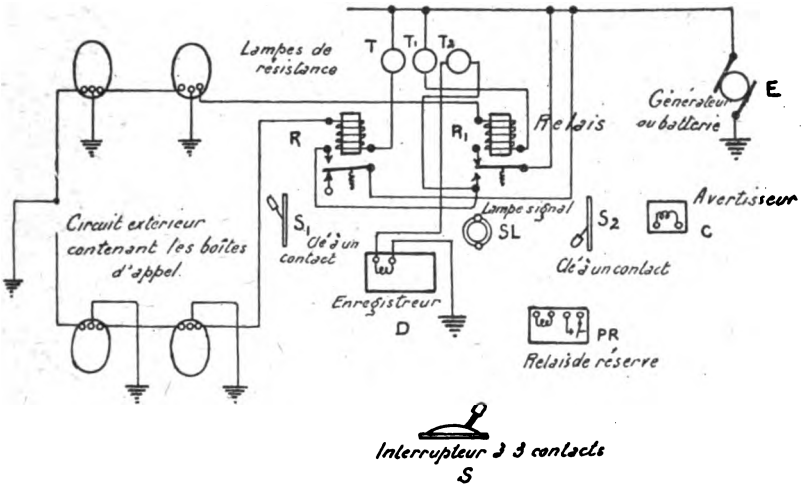


Fig. 8.

est signalé de deux façons. Si la ligne est coupée et que le côté normalement mis à la terre au bureau central soit en outre affecté

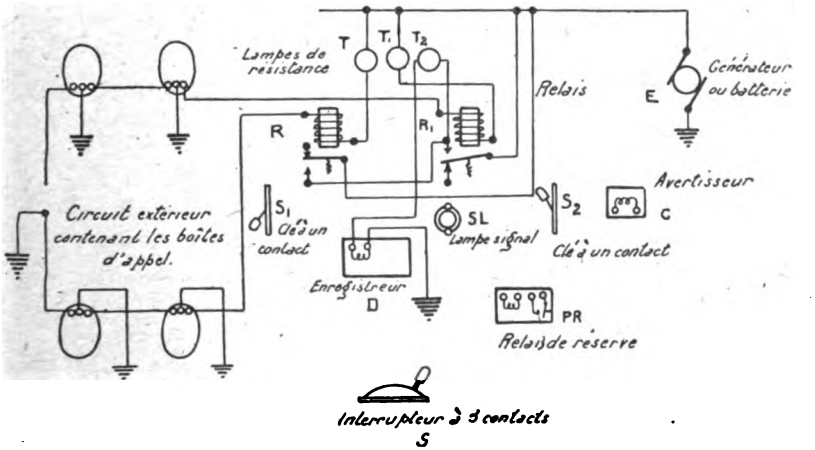


Fig. 9.

d'une terre près de la coupure, les premières indications sont les mêmes que si la ligne était seulement ouverte. Quand les leviers sont mis dans les positions de la figure 6, la lampe signal

Digitized by Google

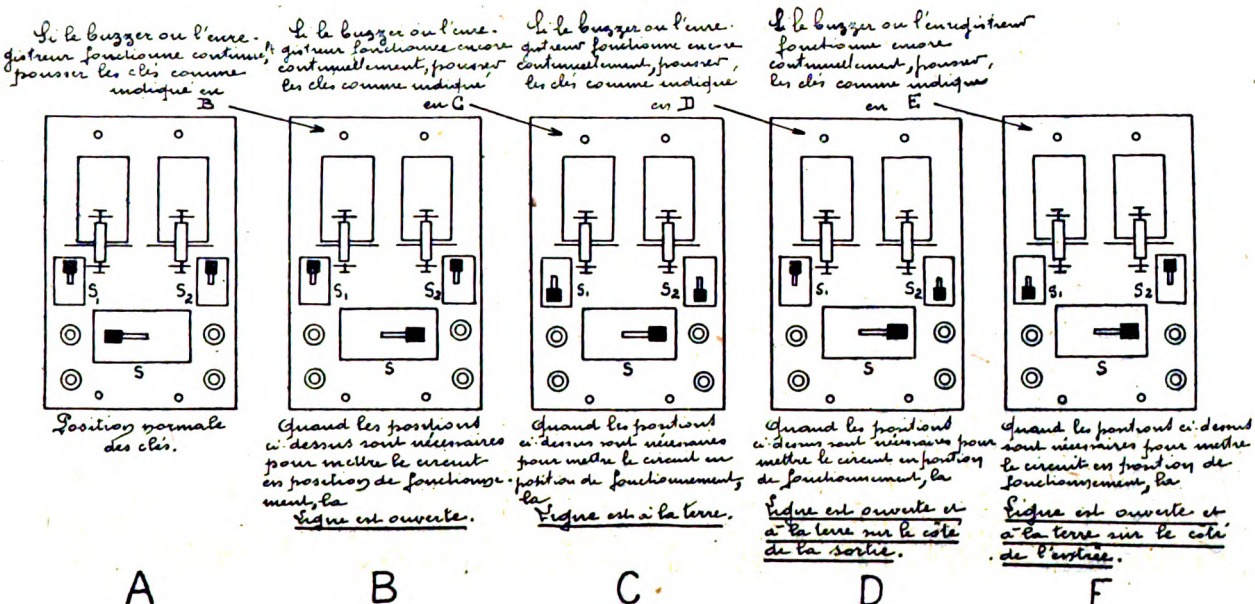


Fig. 10. — Résumé des positions des clés lorsque la ligne est dérangée.

Quand le buzzer ou l'enregistreur fonctionne continuellement, pousser les leviers des clés sur les positions ci-dessus : 1° de la position normale A sur la position B ; 2° sur la position C ; et ainsi de suite jusqu'à ce que le circuit soit dans les conditions de fonctionnement.

Digitized by Google

s'éteint et le buzzer se tait, mais l'enregistreur continue à fonctionner jusqu'à ce que les leviers soient mis dans la position de la figure 8.

Si la ligne est coupée et que le côté normalement relié à la batterie au bureau central soit à la terre près de la coupure, les indications seront les mêmes que si la ligne était à la terre.

Quand les leviers sont dans les positions de la figure 7, l'enregistreur est actionné, la lampe s'éteint, et le buzzer se tait. Le mouvement de l'enregistreur cesse dès que les leviers sont mis dans la position de la figure 9.

Un résumé des différentes positions des commutateurs est donné sur la figure 10.

Raccords. — Si, en cours de service, une unité de circuit devient défectueuse et rend impossible le fonctionnement, il est temporairement fait usage d'une unité de réserve en reliant le jack intérieur de chaque côté de l'unité défectueuse au jack correspondant de l'unité de réserve, le jack supérieur, de chaque côté des deux unités, étant réservé aux essais.

Quand un circuit d'appels est relié à deux bureaux qui sont pourvus chacun d'une installation complète, comme il est indiqué au début de cet exposé sous le nom de *plan A*, tous les appels sont enregistrés au bureau secondaire. Les connections entre certains jacks situés à la partie inférieure des switchboards dans les deux bureaux permettent l'élimination des organes du bureau central.

Lorsque l'agencement adopté est celui du *plan B*, les signaux d'appels sont normalement enregistrés au bureau secondaire ; lorsqu'on désire les transférer au bureau central, l'agent de ce dernier bureau doit relever un commutateur correspondant à ce bureau secondaire.

Essais. — Une bande de jacks et des fiches spéciales permettent la liaison entre les appareils d'essais et les jacks du circuit à observer.

(Étude de la résistance d'isolement, du voltage, des mélanges accidentels, intensité sur les circuits d'appels.)

Des enregistreurs de réserve, reliés à des cordons d'essais,

Digitized by Google

permettent, en cours d'exploitation, de mettre en observation

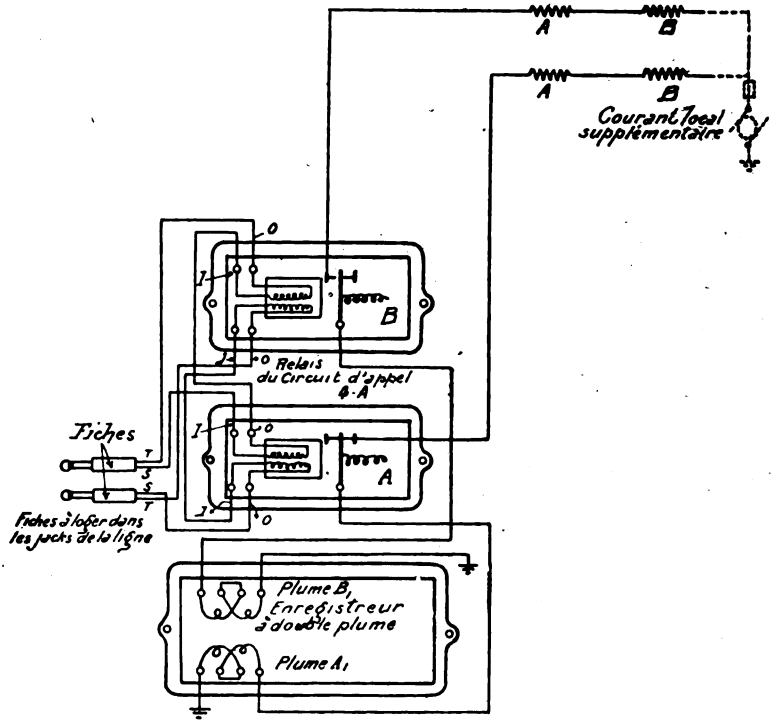


Fig. 11. — Détecteur de dérangements des boîtes d'appels.
I et O indiquent les extrémités intérieures et extérieures des enroulements de la bobine ;
T et S indiquent la pointe et le manchon des fiches D.C.

Pour vérifier les connexions des boîtes d'appels et les réglages, mettre les deux fiches dans les jacks des deux fils du circuit. Toutes les vérifications seront faites lorsque le circuit est libre. La plume A_1 indiquera le caractère des signaux qui sont envoyés par les interruptions au circuit, c'est-à-dire qui seront enregistrés au bureau central lorsque le circuit est libre.

La plume B_1 indique le caractère des signaux envoyés du disque de mise à la terre, c'est-à-dire qui seront reçus au bureau central lorsque le circuit est défectueux.

Si aucun signal n'est reçu sur la plume A_1 seule, la boîte d'appels est ouverte ou défectueuse. Si un signal est reçu sur la plume B_1 seule, la boîte est court-circuitée.

Si la plume A_1 omet les espaces, le ressort de ligne de la boîte d'appels n'est pas en contact avec la roue chiffrée.

au bureau central les circuits des bureaux secondaires quand le montage du plan B est adopté.

Digitized by Google

Enfin les boîtes d'appel sont soumises à des essais périodiques à l'aide d'appareils dont le schéma est indiqué sur la figure 11.

Ces appareils d'essais doivent rester sur les circuits dont les boîtes sont à vérifier jusqu'à ce que toutes les boîtes du circuit soient vérifiées.

Lorsqu'on vérifie des boîtes d'appels qui fonctionnent sur 26 ou 52 volts, l'espacement entre les armatures et les noyaux des relais doit être réduit, pour compenser l'affaiblissement dû à l'introduction sur la ligne des appareils d'essais. Pour vérifier les connections des boîtes d'appels, mettre les deux fiches (fig. 11) dans les deux jacks du circuit d'appels. Chaque fiche est reliée à l'enroulement de chacun des deux relais du circuit d'appels. Les enroulements du relais A sont reliés de façon que le courant du circuit passant dans un enroulement aide le courant passant dans l'autre, favorisant ainsi le retour de l'armature sur son contact antérieur. Le courant dans un enroulement du relais B contrarie ou neutralise l'action du courant dans l'autre, permettant ainsi à l'armature de rester normalement sur le contact postérieur.

Les contacts des relais contrôlent le fonctionnement des plumes A et B de l'enregistreur à double plume.

Si une boîte normalement à la terre fonctionne pendant que les appareils d'essais sont sur la ligne, les deux relais A et B fonctionnent. Le relais A relâche son armature chaque fois que la plume de la boîte d'appels placée sur la ligne coupe le courant et isole les enroulements. Le relais B redresse son armature chaque fois que la plume qui donne la terre à la boîte touche la roue et court-circuite un des enroulements du relais B. Dans le cas d'une boîte dont la terre est bonne, les aiguilles A et B enregistrent le signal.

Si la boîte n'est pas correctement mise à la terre, l'ouverture du circuit par la plume de la ligne relâche l'armature du relais A ; mais le relais B ne fonctionne pas, car tous les courants dans ses enroulements se neutralisent.

Il s'ensuit donc que l'aiguille A enregistre les signaux de la

Digitized by Google

plume en ligne sur la boîte d'appels, et que l'aiguille B enregistre les signaux de la plume à la terre. Le caractère des signaux enregistrés sur la bande indique les conditions de montage de ces plumes. Si les signaux ne sont enregistrés que par la plume A, la terre de la boîte d'appels fait défaut. Si les signaux ne sont enregistrés que par la plume B, la boîte est court-circuitée.

Digitized by Google

LE CABLE TÉLÉPHONIQUE LYON — SAINT-ÉTIENNE,

Par E. PICAULT,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

L'accroissement du trafic interurbain s'effectue d'une manière extrêmement rapide. Le bureau interurbain de Lyon, qui écoulait en 1921 une moyenne de 8.000 unités de conversations par jour, écoule maintenant plus de 18.000 unités. La courbe ci-jointe (fig. 1) indique le trafic interurbain écoulé au cours des dernières années par le bureau téléphonique de Lyon (on a donné, pour chaque mois, la moyenne du nombre des communications interurbaines par jour ouvrable); actuellement, sur le total de 18.000 unités de conversation, les communications de transit sont au nombre de 2.000 par jour environ, et ne représentent par conséquent qu'une faible partie du trafic total.

L'accroissement énorme du trafic interurbain a motivé l'établissement d'un programme de construction de câbles interurbains qui assurent le trafic direct, sans délai d'attente, des divers centres qu'ils desservent.

Un câble téléphonique suburbain, construit par la *Société d'études pour lignes téléphoniques*, a été posé entre Lyon et Saint-Étienne; la mise en service en a été effectuée au printemps de 1925. Il a été établi de manière à assurer le trafic direct entre Lyon et Saint-Étienne et à desservir, en même temps, les localités industrielles de Givors, Rive-de-Gier, Saint-Chamond, qui se trouvent sur son parcours. Les conducteurs sont des fils d'un millimètre de diamètre, à quartes; ils sont pupinisés et l'affaiblissement de chaque circuit est d'environ 1. Le câble comprend 19 quartes, dont 11 desservent la liaison Lyon — Saint-Étienne (donnant un total de 33 circuits métalliques ou combinés), et 8 desservent les bureaux intermédiaires des localités

Digitized by Google

indiquées plus haut, entre lesquels elles sont réparties suivant le schéma indiqué à la fin de cette note.

La mise en service du câble a été effectuée progressivement à partir du 6 mars 1925, date à laquelle deux quartes (six circuits) ont été mises en service entre Lyon et Saint-Étienne. L'installation de tables suburbaines, destinées à assurer le trafic direct, entre Lyon et Saint-Etienne, et non entre les bureaux intermédiaires, a été faite ensuite par la compagnie des téléphones Thomson-Houston; avant la mise en service de ces tables, le trafic direct a été assuré par une installation de fortune, réalisée par les moyens du service local. Le transit est assuré, en principe, par les circuits aériens. Pendant la période de transition, au cours de laquelle le câble a été desservi par l'installation provisoire, on a utilisé quelques-uns des circuits aériens pour le trafic direct, ce qui permettait de disposer d'un nombre de circuits du câble suffisant aux essais périodiques imposés au constructeur pendant la période de garantie; le nombre des circuits en service a toujours été suffisant pour éviter tout délai d'attente aux demandes de communication entre Lyon et Saint-Étienne.

Il est intéressant d'examiner quel a été, dans ces conditions, l'accroissement du trafic; mais il importe de signaler d'abord que le service assuré par le câble a été satisfaisant. Les abonnés de Lyon, dont les demandes de communications pour Saint-Étienne étaient satisfaites, au début, tantôt au moyen des circuits du câble, tantôt au moyen des circuits aériens, n'ont jamais signalé que la transmission leur ait paru meilleure sur les lignes aériennes que sur le câble. Deux interruptions de service seulement, de peu de durée, se sont produites à la suite de coups de pioche qui ont perforé l'armature et l'enveloppe du câble.

D'après ce qui a été dit plus haut, le trafic sans délai d'attente a été assuré tant par le câble que par circuits aériens; l'accroissement du trafic consécutif à la mise en service du câble ne s'est pas fait sentir brusquement, bien que l'attente ordinairement imposée aux abonnés de Lyon fût d'environ une

Digitized by Google

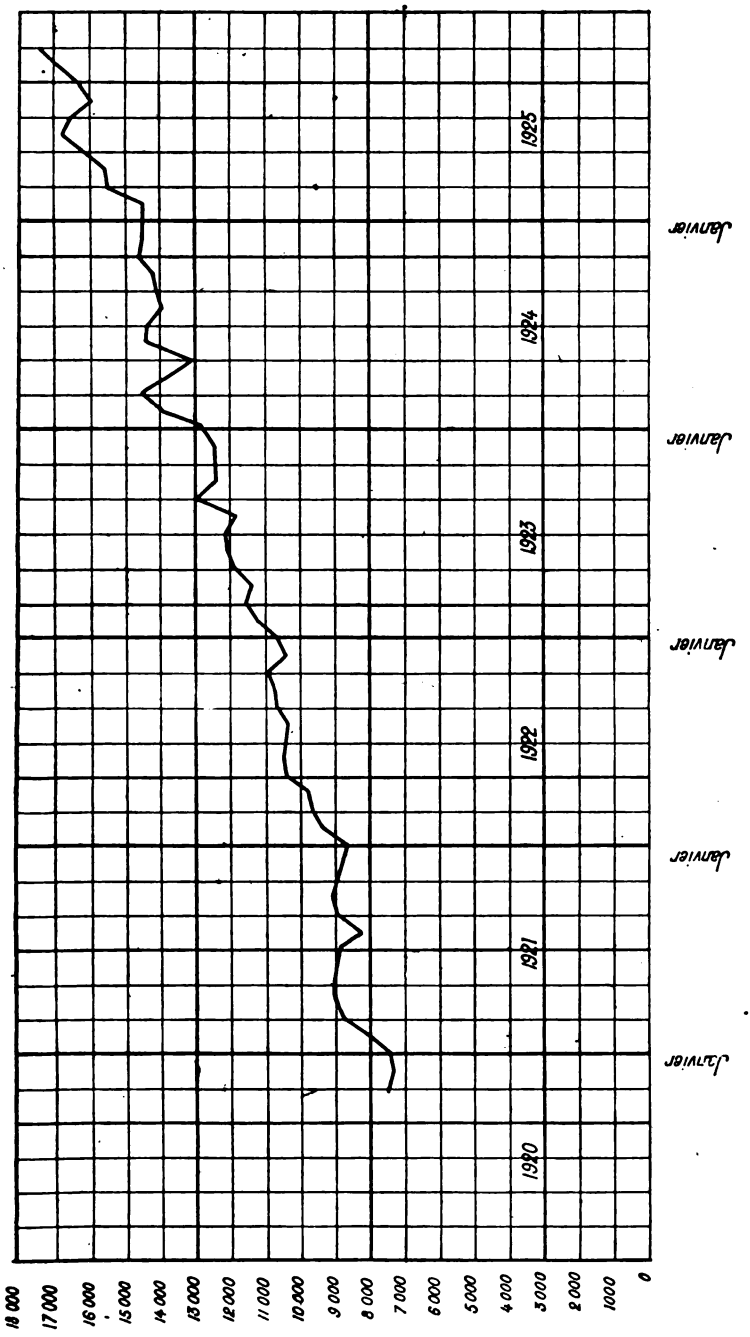


Fig. 1. — Trafic téléphonique interurbain du bureau de Lyon (Unités de conversation par jour ouvrable).

Digitized by Google

heure et demie avant la mise en service du câble ; les courbes ci-jointes, qui indiquent le nombre des unités de conversation *données par mois* en 1924 avant la mise en service du câble et en 1925 après que cette mise en service a été réalisée, le font ressortir d'une manière très nette. Au sujet de ces courbes, une remarque s'impose : en même temps que le câble, des circuits aériens, reliant Lyon à Montbrison, Feurs et Montrond, étaient mis en service et déchargeaient la voie Lyon—Saint-Étienne du

Fig. 2. — Trafic téléphonique entre Lyon et Saint-Etienne.

trafic assuré par ces nouveaux circuits. Pour donner dans les deux années des résultats comparables entre eux, le trafic assuré par ces circuits aériens a été ajouté en 1925 au trafic du câble. De même, un circuit direct Lyon—Firminy a été établi en septembre 1925, au moyen d'un circuit direct Lyon—Saint-Étienne ; le trafic assuré par ce dernier circuit a été également ajouté au trafic Lyon—Saint-Étienne. Les deux courbes de chacune des figures 2, 3 et 4 donnent donc l'aspect du trafic assuré par la voie Lyon — Saint-Étienne en 1924, avec un délai d'attente d'une heure et demie environ, et ce qu'est devenu le

Digitized by Google

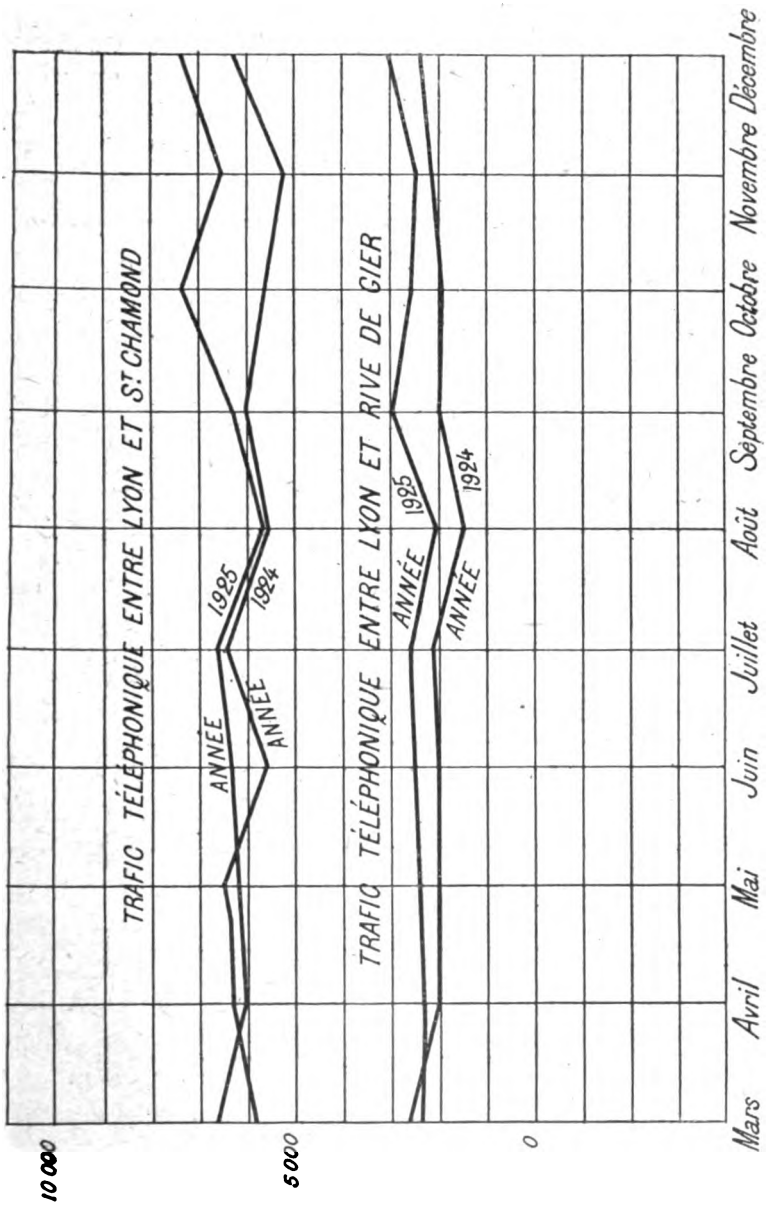


Fig. 3.

Digitized by Google

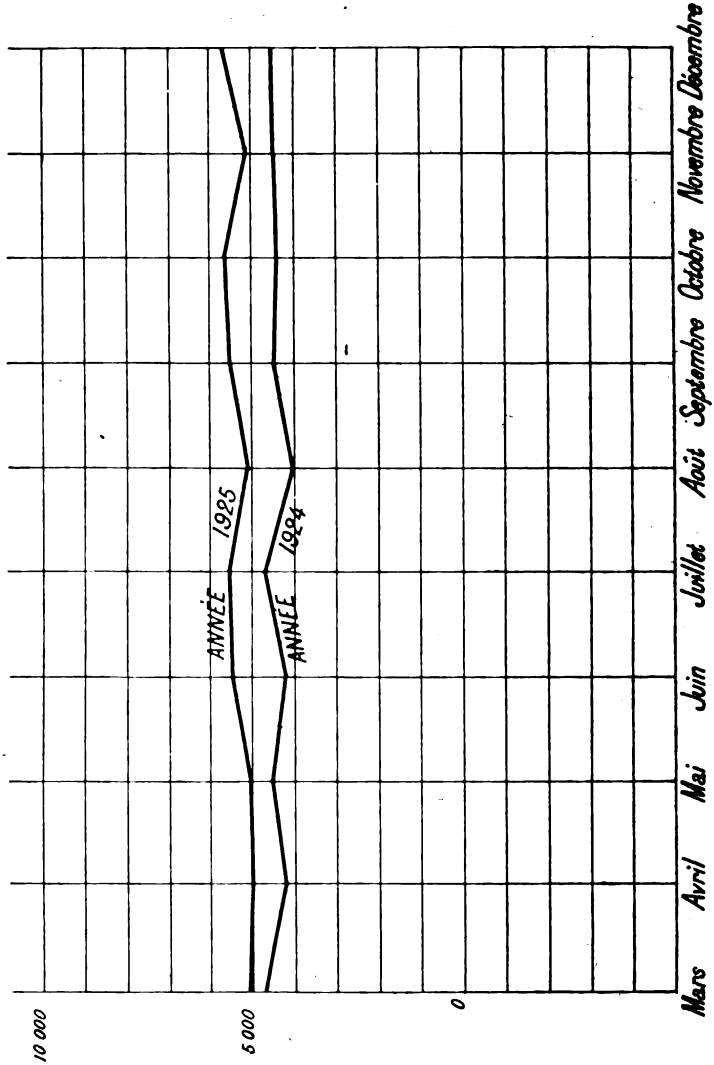


Fig. 4. — Trafic téléphonique entre Lyon et Givors.

Digitized by Google

même trafic en 1925, alors qu'aucun délai d'attente n'est plus imposé aux abonnés. A titre de renseignement, en décembre 1925 le trafic entre Lyon et les localités de Montbrison, Montrond, Feurs, Firminy a été de 4.000 unités de conversation ; le trafic de Lyon pour les localités desservies par le câble étant de 46.100, l'accroissement, par rapport à 1924, dépasse 30 % (1).

Un certain malaise paraît s'être fait sentir dans la clientèle téléphonique au cours de l'été 1925, ce qui laisse penser que l'accroissement a été relativement faible par rapport à une année normale ; en outre, les circuits du câble n'ont été mis en service que progressivement au cours du printemps de 1925 ; comme le trafic diminue toujours en été, il n'est pas surprenant que l'accroissement n'ait été intense qu'en fin d'année.

La durée des communications n'est pas limitée : un indicateur de durée, commandé par une horloge, produit, devant le dicorde qui sert à établir la communication, une signalisation par l'intermédiaire d'une lampe qui reste éteinte pendant les trois premières minutes, s'allume au cours des trois minutes suivantes, scintille ensuite pendant trois minutes, scintille avec une cadence différente pendant trois autres minutes, s'éteint ensuite, et enfin s'allume à feu fixe, ce qui permet des communications de dix-huit minutes de durée.

Le réseau de Lyon est desservi par deux bureaux, Barre et Vaudrey, dont l'un est à batterie locale, ce qui a occasionné quelques particularités de l'installation.

Les circuits du câble utilisé de Lyon vers Saint-Étienne sont reliés à Lyon à des tables de départ, à Saint-Étienne à une table d'arrivée, sur laquelle se trouve le multiplage des jacks généraux des abonnés du bureau. La ligne de conversation aboutit au récepteur de l'opératrice d'arrivée.

Quand un abonné de Lyon demande Saint-Étienne à l'opératrice urbaine qui le dessert, celle-ci le met en relation avec une des opératices de départ des tables suburbaines, qui prend

(1) Dans le cours du mois de décembre 1925, le trafic total entre le bureau de Saint-Étienne et ceux de Saint-Chamond, Rive-de-Gier et Givors a été de 26.100 unités.

Digitized by Google

note de la communication par un monocorde spécial (1), puis rappelle l'abonné demandeur au moyen d'une fiche d'un dicorde par un groupe intermédiaire (qui peut d'ailleurs ne pas le trouver libre si la téléphoniste urbaine n'a pas encore coupé la communication). Elle s'adresse ensuite par ligne de conversation à la téléphoniste d'arrivée à Saint-Étienne, qui procède à l'appel du demandé au moyen d'un monocorde relié au circuit du câble suburbain, que la téléphoniste de départ relie au demandeur par la seconde fiche du dicorde qu'elle vient d'utiliser. Quand le demandé décroche son appareil, l'indicateur de durée du dicorde employé à Lyon est mis en marche automatiquement; l'opératrice de départ surveille la communication, qu'elle coupe à la manière habituelle quand les abonnés donnent le signal de fin.

Dans une communication de Saint-Étienne pour Lyon, les choses se passent un peu différemment : l'opératrice suburbaine dispose, sur sa table, du multiplage des abonnés du bureau; elle rappelle le demandeur par un jack général sans passer par un groupe intermédiaire. L'opératrice d'arrivée à Lyon dispose du multiplage des abonnés de Barre; si le demandé est relié au bureau de Vaudrey, elle doit l'appeler par un groupe B de Vaudrey.

Nous faisons suivre cette note d'une notice technique remise par M. Cahen, directeur de la Société d'études pour lignes téléphoniques et ancien ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

*
* *

Note sur la constitution du cable Lyon—Saint-Étienne.

Destiné en principe à desservir seulement le trafic entre Lyon, Givors, Rive-de-Gier, Saint-Chamond et Saint-Étienne, et non à être l'amorce de la transversale Lyon—Bordeaux qui deviendra sans doute un jour nécessaire, le câble Lyon—Saint-Étienne n'a donc pas un nombre de circuits

(1) La lampe de supervision de l'opératrice urbaine scintille au moment où la clef d'écoute du monocorde de la table suburbaine revient à sa position de repos, après que l'opératrice suburbaine a pris note de la communication.

Digitized by Google

aussi important que les gros câbles actuellement en cours de pose entre Paris et Strasbourg, Paris et le Havre, Paris et Lille. Le diamètre choisi pour les fils n'est pas non plus un de ceux qui sont généralement adoptés ($0^{mm},9$, $1^{mm},3$ et $1^{mm},4$), mais celui d'1 millimètre pour les câbles urbains et suburbains et convenant bien pour donner, avec la charge moyenne (de $0^{H},176$ tous les 1.830 mètres), une transmission de bonne qualité.

Constitution du câble. — Le câble comporte donc 19 quartes (ou 76 fils) d'1 millimètre, correspondant à 57 communications distinctes, dont 28 sur circuits dits réels et 19 sur circuits fantômes ou combinés ; la coupe est représentée ci-contre.

Le câble n'est pas, en principe, à circulation d'air, c'est-à-dire que le cahier des charges ne prévoit aucun essai de passage d'air. Mais, en fait, il permet le dessèchement par air ou gaz carbonique sur chaque section de 1.830 mètres entre bobines Pupin.

La capacité kilométrique moyenne est, entre fils d'une paire, de $3,73 \times 10^{-8}$ et, entre paires d'une même quarte (circuits fantômes), de $5,25 \times 10^{-8}$.

Le coefficient de perte diélectrique en usine, mesuré à la pulsation de 5.000, était inférieur à 20.

Le câble est armé sur tout le parcours. Au-dessus de la chemise de plomb, de $2^{mm},3$, se trouvent :

une enveloppe de papier de 12/100,
un matelas en filin de jute bitumé de 15/10,
deux rubans de feuillard d'acier de 10/10,
une enveloppe extérieure de filin asphalté de 15/10.

Il a été jugé préférable de ne pas constituer deux types de câbles, l'un sous plomb au pour tirage en conduites, l'autre armé pour pose en pleine campagne : les petites dimensions du câble permettent en effet le tirage sans difficulté, et dans ces conditions il valait mieux avoir une ligne uniforme sur tout le parcours, le maintien de l'armature même dans les villes étant d'ailleurs intéressant comme protection contre l'électrolyse au voisinage d'un réseau de tramways à fort trafic et dont les lignes très longues comportent des rampes accusées.

Le câble est à 19 quartes sur toute la longueur entre Lyon et Saint-Étienne ; mais, pour desservir les bureaux de Saint-Chamond et Givors sans allonger le tracé, il a été posé deux câbles spéciaux de dérivation, l'un à 12 quartes (Givors), l'autre à 7 quartes (Saint-Chamond).

La Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance, à qui le câble a été commandé par l'administration des P.T.T., a fait construire le câble par un de ses associés, les Établissements Grammont à Pont-de-Chéruy. Il a été fait usage, pour ce câble, du procédé dit du « croisement systématique », qui consiste à poser le câble par longueurs assez grandes (ici 316 mètres), coupées ensuite sur le terrain en deux longueurs égales ; si la fabrication de ces longueurs a été bien uniforme en usine, en réunissant au joint central les paires correspon-

Digitized by Google

dantes mais en croisant les fils de chaque paire (voy. fig. 5), on arrive à réduire à peu de choses une grande partie des déséquilibres de capacité et de résistance entre fils. Il y a donc 6 longueurs doubles ou 12 longueurs simples par section de pupinisation.

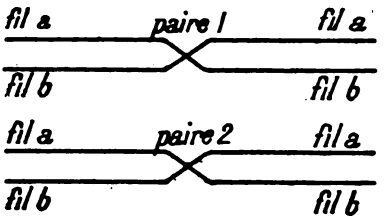


Fig. 5.

Charge du câble. — Les bobines Pupin, fabriquées par la Société alsacienne de constructions mécaniques à Clichy, sont de deux types : l'un, à 4 bobines dont 2 pour la charge des circuits réels et 2 pour celle des circuits fantômes, est d'un usage courant, notamment en Allemagne ; l'autre, dit unifilaire, comporte également 4 bobines, mais à un seul enroulement pour chacune, correspondant à l'un des 4 fils de la quarte, en sorte que

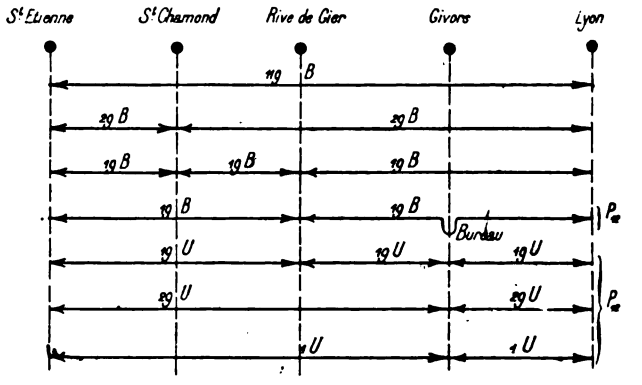


Fig. 6. — Schéma indiquant la distribution des circuits du câble Lyon—Saint-Etienne.

chaque bobine charge à la fois le circuit réel et le circuit fantôme; ce système avait déjà été appliqué par la S.E.L.T.T., d'abord sur le câble Paris—Sainte-Assise (50 kilomètres), puis sur les amorces souterraines des circuits du réseau de Strasbourg. Les résultats acquis dans ces deux expériences ayant paru satisfaisants, l'administration avait accepté d'en faire usage sur 4 quartes, à titre d'essai.

Les avantages du système unifilaire sont les suivants : économie sensible, absence de couplage par inductance électrostatique entre circuits, facilité de réglage, diminution de la résistance effective à self inductance et circuit magnétique cross-talk.

Digitized by Google

Par contre, on peut lui reprocher d'obliger à donner au combiné une self-inductance moitié de celle du circuit réel, au lieu que les systèmes comportant des bobines spéciales pour fantômes admettent pour ces bobines des valeurs quelconques. On peut de plus craindre que des courants circulant sur un seul fil déséquilibrent la quarte : il était donc nécessaire de les soumettre à des essais de durée.

Les caractéristiques moyennes des bobines Pupin étaient les suivantes :

	Bifilaires.		*Unifilaires.*	
	Combinants.	*Combinés.*	*Combinants.*	*Combinés.*
Self-inductance moyenne	$0^H,176$	$0^H,106$	$0^H,088 \times 2$	$0^H,088$
Résistance à $\omega = 5.000$	$13^O,5$	$7^O,4$	$11^O,5$	$5^O,4$
$\omega = 11.000$	$17^O,9$	$9^O,8$	$13^O,6$	$6^O,9$

Ces bobines ont été réparties dans deux boîtes, comportant l'une 60 bobines bifilaires et l'autre 16 bobines unifilaires, et ayant respectivement les dimensions suivantes :

Diamètre :	740	410
Hauteur :	900	500

Le schéma d'utilisation des circuits a été déterminé par l'administration comme l'indique la figure 6.

Tracé et pose. — Le tracé a été déterminé de façon à éviter autant que possible le voisinage des lignes de tramways. C'est pour cette raison que l'on a, au départ de Saint-Étienne, pris le chemin de la Talaudière et non la route nationale. On a également suivi des chemins d'intérêt local entre Saint-Chamond et Rive-de-Gier.

Sur la plus grande partie du parcours, le câble est posé dans un lit de sable, à 80 centimètres de profondeur, sans protection ; l'administration n'a pas jugé nécessaire de placer de grillage avertisseur.

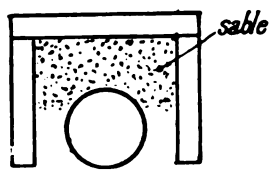


Fig. 7.

Dans les lieux où l'on rencontre de nombreuses canalisations, on a fait usage de briques pour servir d'avertissement ; dans certains points où se trouvaient des crassiers de mine contenant du soufre qui aurait pu attaquer le plomb, on a fait usage d'une sorte de couverture en briques, empêchant ce terrain de venir en contact avec le câble (voy. fig. 7).

Au voisinage des tramways, on a, en général, placé le câble dans des conduites en ciment de 10 centimètres, d'un type déjà admis par l'administration.

Enfin, à Saint-Étienne, Saint-Chamond, Rive-de-Gier, on a profité de la pose du câble pour construire des canalisations multiples destinées au réseau local au moyen de dalles en ciment à 2, 3, 4 ou 5 trous.

Pour les angles et les courbes, on a fait usage de petites chambres en briques.

Digitized by Google

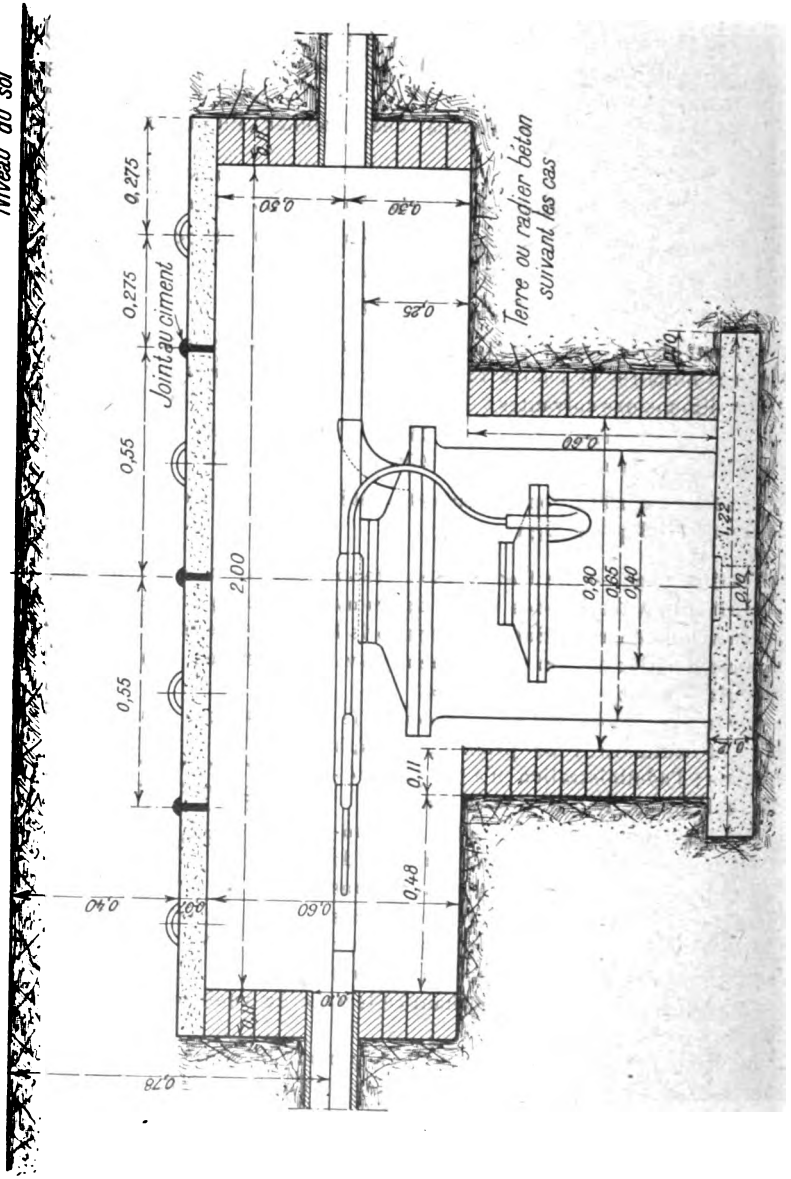


Fig. 8. — Chambre pour bobines Pupin dans la campagne (coupe verticale).

Digitized by Google

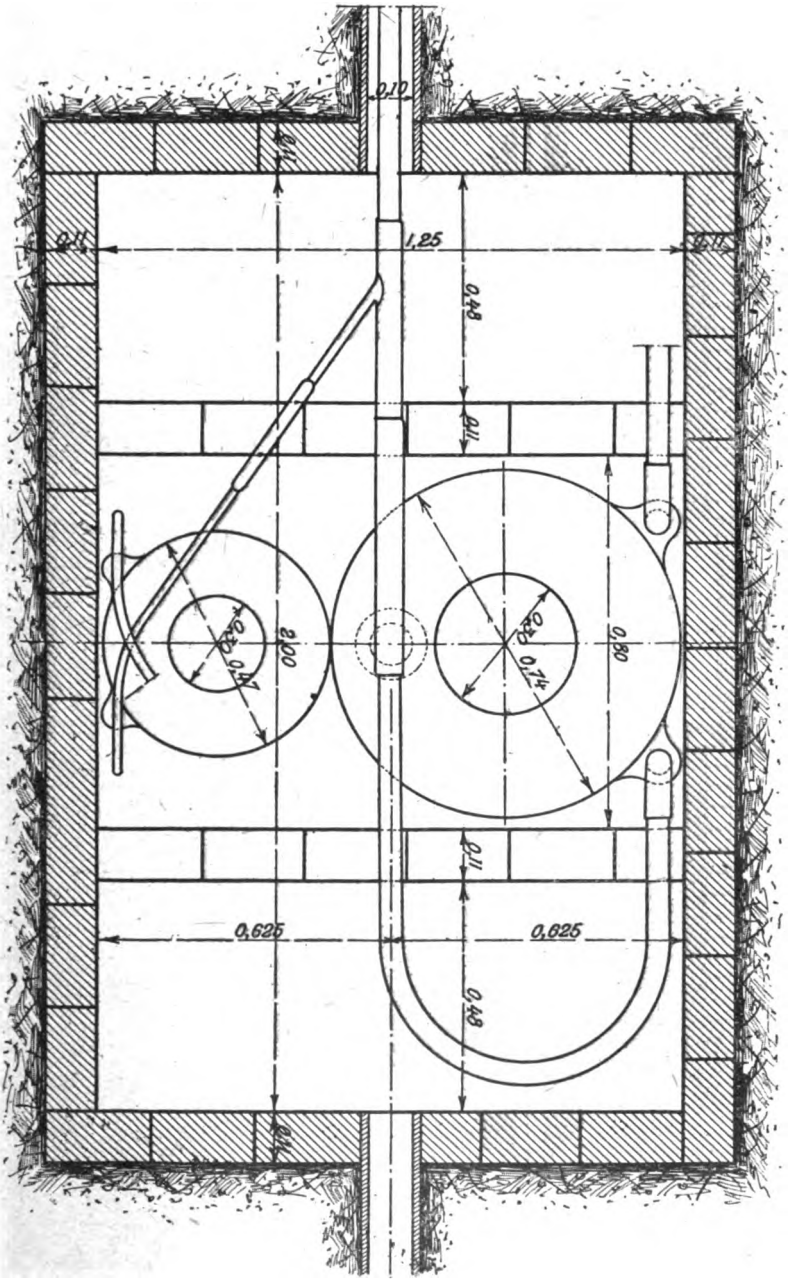


Fig. 8 *bis*. — Chambre pour bobines Pupin dans la campagne (plan).

Digitized by Google

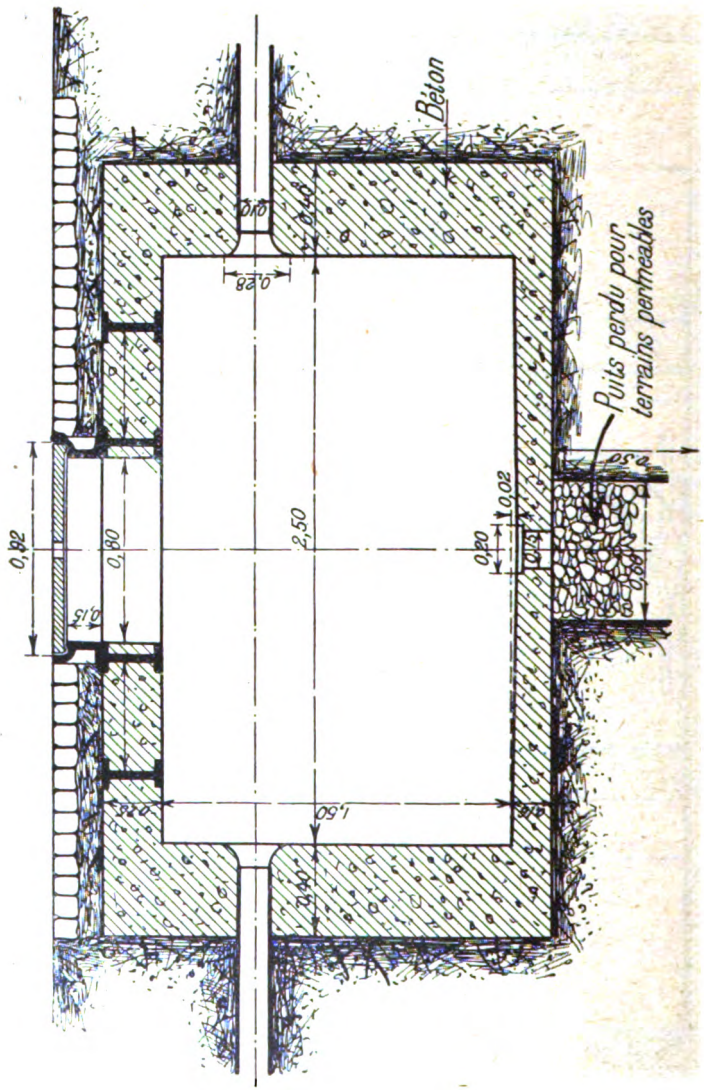


Fig. 9. — Chambre pour bobines Pupin en ville (coupe verticale).

Digitized by Google

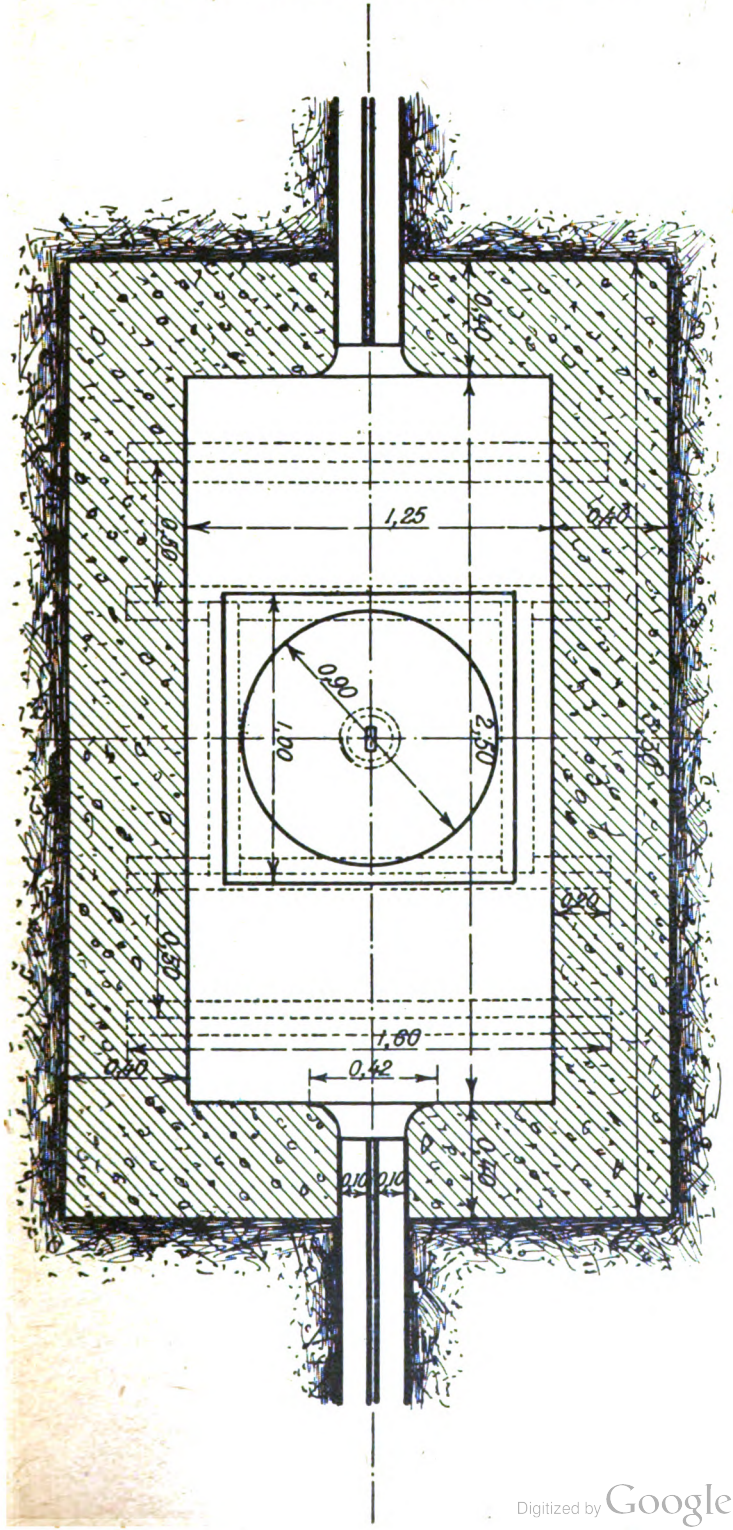


Fig. 9 *bis.* — Chambre pour bobines Pupin en ville (plan).

Digitized by Google

Enfin, pour recevoir les boîtes de bobines Pupin, on a fait usage de chambres en maçonnerie, de dimensions plus importantes : la plupart, du type dit « campagne », n'ont pas de regard et sont couvertes par des dalles en maçonnerie (voy. fig. 8 et 8 *bis*), qu'on soulèverait en cas de visite ; quelques-unes, du type « ville », sont munies de regards analogues à ceux des canalisations de Paris (voy. fig. 9 et 9 *bis*).

A Lyon, le câble a été posé dans des conduites à très nombreux trous (1) exécutés directement par l'administration pour l'équipement du nouveau bureau urbain et interurbain d'Ampère.

Les principaux points à signaler sur la ligne sont les suivants :

1° *Traversée d'une passerelle près de Lorette* (vers le milieu de la section Rive-de-Gier—Saint-Chamond). — Étant donné le peu de place et de stabilité de cette passerelle, on a fait passer le câble dans des tuyaux de fer, supportés par une suspension caténaire prenant appui sur les piles du pont.

2° *Traversée d'Oullins* (près de Lyon). — Le quai du Rhône, dans le parcours de cette commune, aux portes de Lyon, était tellement dense en canalisations, qu'il a paru très difficile d'y effectuer une nouvelle tranchée. Le câble a donc été posé en tuyaux métalliques, le long du parapet du quai.

3° *Pont de la Mulatière* (pont sur la Saône à la sortie de Lyon). — Ce pont étant en transformation, on a dû faire une gaîne provisoire, qui sera probablement à modifier plus tard.

A signaler, de plus, la très grande quantité de roches dures rencontrées sur tout le parcours, ce qui a augmenté notablement les frais et le temps de pose.

Exécution du travail. — Commandé le 30 décembre 1923, le câble, mis immédiatement en fabrication, a été posé à partir du mois de mai 1924. C'est par Saint-Étienne que le tirage a débuté. En même temps que l'on déroulait le câble, des équipes spéciales posaient les conduites à Saint-Chamond, à Rive-de-Gier, et aux abords de Lyon.

Des difficultés diverses ralentirent à certain moment l'avancement, notamment la nécessité de ne pas faire de travaux sur la route nationale près de Givors au moment du circuit automobile qui avait lieu dans l'été de 1924. La fabrication du câble fut terminée en octobre, et la pose à la fin de décembre, sauf la partie dans Lyon. Les boîtes Pupin furent terminées en usine à la fin de 1924 ; leur pose, commencée en octobre, fut achevée en février 1925.

A la fin de février, tout le câble était posé, soudé et chargé, et il ne restait plus que quelques aménagements terminaux à parfaire. Dès le 3 mars, six circuits purent être mis en exploitation, permettant, concurremment avec les circuits aériens existants, d'ouvrir le trafic direct au moment de la foire de Lyon. Les autres circuits ont été mis en service dans la suite, au fur et à mesure des besoins.

(1) 8, 16 ou 40 trous.

Digitized by Google

REMARQUES AU SUJET DES LOIS DES COURANTS ALTERNATIFS,

Par L.-J. COLLET,

Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Il n'est guère de théorie plus fécondes que celle qui développe les conséquences de l'application, aux courants alternatifs, des lois d'Ohm et de Kirchhoff généralisées. Tous les calculs d'installations électriques reposent sur ces principes. D'autre part, une généralisation nouvelle de ces lois conduit aux équations de la propagation, bases de la théorie des transmissions d'énergie, et de la téléphonie.

Et pourtant, il peut sembler que la plupart des traités classiques établissent bien légèrement ces lois généralisées. Dans des chapitres spéciaux, réservés à l'étude de l'électrostatique, à l'étude des courants permanents, à l'étude du champ magnétique des courants permanents, ils établissent, sous un certain nombre de réserves et dans des conditions bien précises, l'existence des coefficients appelés respectivement *coefficients de capacité*, *résistance ohmique*, *coefficients d'induction propre ou mutuelle*. Cependant, les théorèmes d'existence desdits coefficients ne sont démontrés, les valeurs à leur attribuer ne sont calculées qu'à partir de l'hypothèse de l'équilibre électrique, ou de l'hypothèse de l'invariabilité absolue dans le temps des intensités des courants.

Or c'est en rapprochant sans précautions dans une même formule ces coefficients, que l'on écrit généralement les équations qui régissent, paraît-il, les courants variables et plus particulièrement les courants alternatifs. Il faut toutefois reconnaître que parfois les formules écrites ne sont présentées que comme des approximations valables pour des courants dits de basse fréquence, et qu'au demeurant l'expérience est considérée comme la justification de la légèreté avec laquelle a été faite la théorie.

Digitized by Google

Ne serait-il point possible cependant d'essayer d'établir une théorie plus correcte des phénomènes et de demander aux équations elles-mêmes l'indication de quelques-unes des réserves à faire au sujet du droit que l'on a de les appliquer? Cette étude plus approfondie ne pourrait-elle donner plus de confiance en les résultats des calculs? C'est une telle théorie que nous nous proposons d'esquisser dans ses grandes lignes. Sans doute rencontrerons-nous en chemin bien des difficultés analytiques que nous ne saurons lever. Il ne paraît point cependant déraisonnable d'admettre provisoirement des résultats que l'intuition (et aussi la pratique expérimentale) suggère, et dont les mathématiciens pourront donner des démonstrations rigoureuses.

L'objet de cette étude étant, au fond, l'étude de la généralisation, dans le cas des courants alternatifs, des lois des courants continus, nous allons être conduits à préciser ces lois, bien qu'elles soient parfaitement connues de tous : nous insisterons cependant sur certains caractères essentiels.

Notion de résistance dans le cas des courants continus. (Étude des dipôles). — Nous appelons *dipôle* un système constitué par un assemblage absolument quelconque de conducteurs homogènes ou hétérogènes, filiformes ou massifs, et comportant deux bornes par lesquelles puisse entrer et sortir un courant électrique continu.

Nous admettrons toutefois que les différents conducteurs constituant le dipôle sont caractérisés en chaque point par un coefficient de résistivité indépendant de l'état électrique du corps, autrement dit que le dipôle est constitué de conducteurs auxquels s'applique la loi d'Ohm.

Nous supposerons enfin qu'aucune force électromotrice (de contact ou autre) ne puisse prendre naissance dans le système.

Ceci étant, considérons le cas où aucune charge électrique, aucun courant électrique ne peut entrer ou sortir du système en quelque autre point que les deux bornes.

Appliquons au dipôle les lois générales de l'électricité.

La loi de conservation des courants (loi de Kirchhoff) *nous*

Digitized by Google

apprend tout d'abord que le courant entrant par une borne (borne d'entrée) est rigoureusement égal au courant sortant par l'autre.

Désignons par j le vecteur représentatif de la densité du courant en un point quelconque du dipôle.

D'après la loi de Kirchhoff,

(1) $$\operatorname{div} j = 0.$$

Comme, par hypothèse, la loi d'Ohm s'applique aux conducteurs constituant le système, nous savons que le champ électrique à l'intérieur comme à la surface de ces conducteurs dérive d'un potentiel V, et qu'en outre

(2) $$j = \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} V,$$

en désignant par ρ la résistivité, et en adoptant pour définition du symbole grad :

$$\operatorname{grad} = \begin{cases} -\dfrac{\partial}{\partial x} \\ -\dfrac{\partial}{\partial y} \\ -\dfrac{\partial}{\partial z}. \end{cases}$$

A la surface même des conducteurs, baignés par un isolant, j n'a pas de composante normale. Si donc ν représente le vecteur de module égal à l'unité, porté sur la normale de la surface de la séparation, du côté intérieur au conducteur,

(3) $$(j.\nu) = 0,$$

ou

(3') $$(\operatorname{grad} V.\nu) = 0.$$

A la surface de séparation de deux conducteurs différents 1 et 2, on a de même :

(4) $V_1 = V_2$ (continuité du potentiel : absence d'effet Volta),

(5) $(j_1.\nu) = (i_2.\nu)$ (conservation du flux normal).

L'ensemble de ces conditions, joint à la connaissance des valeurs des potentiels des électrodes (supposées équipotentielles), permet de déterminer les valeurs de V, par conséquent de j, en chaque point du dipôle.

On sait de plus que, si V_a et V_b représentent les valeurs des

Digitized by Google

potentiels sur les électrodes, et I l'intensité du courant traversant le dipôle, il existe un coefficient R appelé *résistance ohmique du dipôle*, tel que :

$$V_a - V_b = RI. \tag{6}$$

Ceci résulte du caractère linéaire des relations existant entre v et j.

Propriétés de la résistance ohmique. — Cherchons à préciser quelques propriétés caractéristiques de la résistance ohmique.

En premier lieu, il est essentiel de remarquer que l'existence de ce coefficient n'est pas, à proprement parler, une loi de l'électricité, mais un caractère de la matière dont est constitué le dipôle : ce coefficient n'existe qu'autant que l'on évite la présence, dans le système, de détecteurs, de conducteurs imparfaits, de gaz ionisés, de corps susceptibles de produire, au contact d'autres, des forces électromotrices, etc...

L'intérêt pratique de la notion de résistance est que ce coefficient peut, dans certains cas bien définis, être une véritable caractéristique du dipôle.

Supposons que l'on associe l'un à l'autre deux dipôles, de sorte que la borne de sortie de l'un coïncide avec la borne d'entrée de l'autre, que les courants sortant du premier entrent en totalité dans le second.

Si, après confusion des dipôles en un dipôle unique, la surface de la borne commune demeure équipotentielle, la résistance de l'ensemble est la somme des résistances indivduelles des dipôles.

Cette condition est nécessaire. (On sait, par exemple, qu'elle n'est pas satisfaite dans le cas d'un conducteur de faible section, appliqué par sa section de droite sur la face beaucoup plus large d'un autre conducteur.)

Cette condition est pratiquement satisfaite lorsque les bornes du dipôle sont des cylindres de section extrêmement petite par rapport aux dimensions longitudinales du dipôle : dans ce cas, la répartition des densités de courant est pratiquement uniforme sur toute la surface des bornes.

Digitized by Google

Si donc les bornes du dipôle sont ainsi constituées, le dipôle, pris en soi, est caractérisé par un coefficient unique de résistance, indépendant de la manière dont il peut être connecté à d'autres systèmes. Et la résistance totale d'un ensemble de dipôles associés en série est égale à la somme des résistances individuelles. Et ceci, quelle que soit la constitution interne du dipôle, quelle que soit la complexité de l'assemblage des conducteurs, quelle que soit la variété de leurs formes.

En outre, lorsque le dipôle peut être décomposé en éléments dipolaires, chacun de ces éléments intervient dans l'ensemble, avec sa résistance propre qui peut être déterminée en le considérant individuellement.

Il nous paraît utile d'insister sur ces remarques banales, avant d'entreprendre l'étude du dipôle dans le cas des courants alternatifs.

Notion d'impédance apparente dans le cas des courants alternatifs (Étude des dipôles). — *Remarques préliminaires.* — Avant d'essayer de généraliser la notion de dipôle dans le cas des courants alternatifs, il convient de faire une remarque au sujet des dipôles en courant continu.

L'existence d'une résistance en courant continu, autrement dit le fait que la répartition des courants et des potentiels à l'intérieur du système est défini par la seule connaissance des tensions entre bornes, ou des courants d'entrée et de sortie, tient à ce que les équations aux dérivées partielles du champ électrique ou du champ des courants doivent satisfaire à des conditions aux limites qui, en dehors des bornes, sont indépendantes de ce qui peut se passer dans le domaine extérieur au dipôle. La présence ou l'absence d'autres conducteurs à proximité, la nature du diélectrique (supposé parfaitement isolant) n'interviennent point.

A priori, on doit chercher, pour une généralisation de la notion de résistance, à se mettre dans des conditions analogues.

D'autre part on sait, par les équations du champ électromagnétique, que toute modification locale de la nature des corps,

Digitized by Google

conducteurs ou diélectriques, en un point où le champ électromagnétique n'est pas identiquement nul, a pour effet de troubler la répartition générale du champ. Ainsi, pour pouvoir considérer des systèmes analogues au dipôle à courants continus (lequel est susceptible d'être considéré en soi ou associé à d'autres systèmes, et toujours caractérisé par un même coefficient), il faut admettre la possibilité de définir des systèmes limités par des surfaces sur lesquelles et à l'extérieur desquelles le champ électromagnétique propre du système soit identiquement nul.

Postulons, au moins provisoirement, que de tels systèmes puissent être considérés.

Définition provisoire du dipôle. — Un dipôle sera un tel système (comportant un assemblage quelconque de conducteurs ou de diélectriques, de formes ou dimensions quelconques), pourvu de deux bornes (sur lesquelles s'appuie la surface enveloppe définie précédemment) par lesquelles puisse entrer ou sortir le courant.

Nous supposerons cependant que les conducteurs ou diélectriques constituant le dipôle sont caractérisés en chaque point par des coefficients de résistivité, de perméabilité, et une constante diélectrique, bien définies, absolument indépendants du champ électromagnétique en ce point. Nous supposerons également qu'aucune force électromotrice de contact (ou analogue) ne puisse prendre naissance dans le système.

En outre, guidés par ce que nous avons remarqué dans le cas des courants continus, nous ne considérerons que des dipôles dont les bornes soient de section extrêmement petite.

Proposons-nous d'appliquer au dipôle les lois de l'électricité.

Définition du courant et de la tension, dans le cas de courants variables. — Si nous voulons suivre une marche semblable à celle que nous avons suivie dans le cas des courants continus, nous rencontrons une difficulté.

Les lois des courants continus ont pu être exprimées en ne faisant intervenir que des grandeurs connues expérimentalement, ou mesurables directement : l'intensité et la tension,

Digitized by Google

Dans l'énoncé de la loi d'Ohm, nous avons prononcé les mots « champ électrique » sans avoir à nous rendre compte de ce qu'ils représentaient. Nous aurions pu nous abstenir de les prononcer.

Au contraire, dans le cas des courants variables, les grandeurs fondamentales sont les intensités du champ électrique, du déplacement électrique, du champ et de l'induction magnétiques. Ce sont des grandeurs qui échappent à la mesure directe. Les grandeurs mesurables, intensité des courants et tension, doivent être définies à partir des champs.

Les équations auxquelles satisfont les intensités des champs sont, dans les hypothèses faites relativement aux coefficients de résistivité, de perméabilité et à la constante diélectrique :

$$\begin{cases} (7) \qquad \text{rot } E = -\mu \dfrac{\mathrm{d}H}{\mathrm{d}t}, \\ (8) \qquad \text{rot } H = 4\pi\left(\dfrac{E}{\rho} + \dfrac{\varepsilon}{4\pi}\dfrac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}\right), \end{cases}$$

en désignant par :

E l'intensité du champ électrique,

H l'intensité du champ magnétique,

ρ le coefficient de résistivité,

μ le coefficient de perméabilité,

ε la constante diélectrique.

Il y aurait lieu de joindre à ces équations les conditions de continuité qui doivent être satisfaites sur les surfaces où le milieu change brusquement de nature.

Nous pouvons négliger cette complication : lesdites conditions de continuité s'obtiennent en effet en considérant les surfaces de discontinuité comme des couches de passage très minces, où ε, μ et ρ varient rapidement mais continuement. Autant admettre ici cette condition.

Comment se définissent, en fonction de E et H, l'intensité et la tension ?

Maxwell nous a appris que la densité de courant en un point est justement égal à :

$$(9) \qquad j = \frac{E}{\rho} + \frac{\varepsilon}{4\pi}\frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}.$$

Digitized by Google

Elle satisfait à la condition d'incompressibilité

$$\text{div}\, j = 0, \tag{10}$$

puisqu'égale à un rotationnel.

Si, comme nous l'avons supposé, aucun courant ne peut sortir du dipôle en d'autres points que les bornes, le flux de la densité de courant, en un mot l'intensité du courant entrant dans le dipôle par la borne d'entrée est rigoureusement égale à l'intensité du courant sortant par la borne de sortie.

Soit maintenant à définir la tension. Considérons l'équation :

$$\text{rot}\, E = -\mu \frac{\mathrm{d}H}{\mathrm{d}t}. \tag{7}$$

Cette équation peut s'écrire :

$$E = \text{grad}\, V - \frac{\mathrm{d}A}{\mathrm{d}t}, \tag{11}$$

avec

$$\mu H = \text{rot}\, A. \tag{12}$$

Mais la relation précédente permet de considérer une infinité de fonctions A, différant toutes l'une de l'autre, du gradient d'une fonction de force arbitraire.

Précisons la définition de par A la condition :

$$\text{div}\, A = 0. \tag{13}$$

La fonction A est alors définie sans ambiguïté et la fonction V se trouve elle-même définie (à une constante près) d'une manière unique.

La fonction V jouit alors de la propriété suivante : si, le long d'une courbe joignant deux points M et N du dipôle, le champ magnétique demeure invariable par rapport au temps, c'est-à-dire si un élément de circuit joignant M à N se trouve soustrait aux effets d'induction magnétique, on aura, le long de cette courbe, $\frac{\mathrm{d}A}{\mathrm{d}t} = 0$, et le champ électrique le long de cette courbe sera le gradient du potentiel V. On reconnaît là les conditions de la mesure expérimentale de la tension entre les points M et N, égale à la différence des potentiels V_M et V_N.

Étude du dipôle dans le cas de courants alternatifs en

Digitized by Google

régime variable. — Les équations précédentes régissent tout état variable du champ électromagnétique.

Considérons maintenant le cas où le dipôle serait parcouru par des courants alternatifs en régime permanent, de pulsation donnée.

Parler de courants alternatifs en régime permanent, c'est dire qu'en chaque point, et pendant tout le temps, la projection du vecteur j suivant un axe quelconque et, par voie de conséquence, celles des vecteurs E, H, etc..., sont des fonctions sinusoïdales, de pulsation ω. Cette définition exclut notamment le cas de la propagation, où pendant un certain temps en certains points, les composantes de j ou des autres vecteurs seraient d'abord nulles pour prendre dans la suite des valeurs finies.

On sait que, dans les problèmes concernant les régimes alternatifs permanents régis par des relations différentielles linéaires, les équations relatives aux variations des valeurs instantanées des vecteurs peuvent se transformer en équations relatives aux valeurs efficaces des composantes de ces vecteurs, compte tenu de leurs déphasages réciproques. Il suffit de représenter les variations des vecteurs tels que j, E, H, au moyen de vecteurs uniques de composantes complexes. Le module de la composante complexe suivant un axe donné est alors proportionnel à la valeur efficace de la composante du vecteur variable suivant le même axe. L'argument de la composante complexe est égal au déphasage de la composante variable par rapport à une origine des temps choisie. On sait encore que l'on passe des équations relatives aux vecteurs variables, aux équations relatives aux vecteurs représentatifs, en remplaçant le symbole de dérivation par rapport au temps, par le multiplicateur $i\omega$, où i est l'unité imaginaire, ω la pulsation.

Ainsi les lois du champ électromagnétique s'écrivent, dans le cas de courants alternatif en régime permanent de pulsation ω :

$$\text{rot } E = -\mu i\omega H, \tag{14}$$

$$\text{rot } H = 4\pi\left(\frac{1}{\rho} + \frac{\varepsilon i\omega}{4\pi}\right)E. \tag{15}$$

Digitized by Google

La densité de courant j, est définie par :

$$(16) \qquad j=\left(\frac{1}{\rho}+\frac{2i\omega}{4\pi}\right)E,$$

et telle que

$$(17) \qquad \operatorname{div} j=0.$$

La tension satisfait à la condition :

$$(18) \qquad E=\operatorname{grad} V-i\omega A,$$

$$(19) \quad \text{où} \qquad \begin{cases} \operatorname{rot} A=\mu H, \\ \operatorname{div} A=0. \end{cases}$$

A ces équations, il y a lieu de joindre les conditions aux limites.

Nous avons postulé, notamment, que le dipôle était délimité par une surface s'appuyant sur les bornes, et telle qu'en dehors des bornes on avait sur tout son contour et à l'extérieur : $j=0$. On voit que ceci entraîne :

$$E=0; \quad H=0; \quad A=0; \quad V=0.$$

L'expérience montre, et nous admettons, à défaut de la pouvoir démontrer, que, si l'on s'impose comme autres conditions limites la valeur de la tension aux bornes $(V_a - V_b)$, le champ électromagnétique à l'intérieur du dipôle est déterminé de manière unique.

Dès lors, en vertu du caractère linéaire de toutes les équations écrites (grâce à la fixité des constantes spécifiques), le rapport

$$(20) \qquad Z=\frac{V_a-V_i}{I}$$

de la tension aux bornes, à l'intensité du courant entrant dans le dipôle ou en sortant, est déterminé, quelle que soit la grandeur de la tension aux bornes.

Il en résulte nettement que l'examen des équations du champ électromagnétique, que ce rapport est essentiellement variable lorsque ω varie.

Définition de l'impédance, la résistance effective et autres grandeurs intervenant dans les problèmes relatifs à l'étude des courants alternatifs. — Quoi qu'il en soit, ce rapport complexe Z

Digitized by Google

s'appelle l'*impédance* du dipôle *pour la pulsation* ω. Sa partie réelle R s'appelle *composante active de l'impédance*, ou *résistance effective pour la pulsation* ω. Le module de sa partie imaginaire S s'appelle *composante réactive de l'impédance*, ou *réactance pour la pulsation* ω.

Ce sont ces grandeurs que l'on mesure en utilisant le pont à téléphone ou tout autre méthode de mesure basée sur les propriétés des courants alternatifs, lorsque l'on opère avec des courants de pulsation ω.

A côté de l'impédance, on peut définir l'*admittance*, qui en est l'inverse, et la décomposer de même en ses composantes actives et réactives.

A priori, lorsque l'on examine un dipôle quelconque, on ne trouve aucune raison pour qu'une relation simple existe entre sa résistance effective et sa résistance ohmique (résistance en courant continu). Il ne paraît pas cependant impossible d'admettre que l'on puisse réaliser certains dipôles tels que leur résistance effective pour la pulsation ω soit une fonction continue de ω, à variations lentes, tendant vers la résistance ohmique lorsque ω tend vers zéro. De même, il ne semble pas interdit d'admettre l'existence de dipôles dont la réactance soit une fonction continue de la pulsation ω, tend vers zéro lorsque ω tend lui-même vers zéro, et différant même assez peu d'une fonction linéaire de ω. Pour de tels dipôles, il paraît naturel de considérer l'expression $L=\frac{S}{\omega}$, auquel on donne le nom de coefficient de self-induction ou *inductance effective pour la pulsation* ω.

Pour d'autres dipôles, d'admittance $Y=C+iH$, où G diffère peu d'une constante lorsque ω varie, et où H varie en fonction de ω d'une manière à peu près linéaire, on est amené de même à considérer, sous le nom de *capacité effective C pour la pulsation* ω, le quotient de la susceptance par la pulsation.

L'intérêt de ces définitions est le suivant : lorsqu'après mesures ou après calcul on a reconnu qu'un dipôle possède des constantes effectives (résistance, inductance, conductance et capacité) variant peu avec la pulsation, et de valeurs peu diffé-

Digitized by Google

rentes des valeurs de la résistance ou conductance ohmiques, de l'inductance réelle (définie dans le cas d'une alimentation à courant constant), ou de la capacité électrostatique, on peut dans la suite, comme première approximation, admettre l'existence de coefficient bien définis, indépendants de la pulsation. C'est sur cette hypothèse, le plus souvent non indiquée et *a fortiori* non justifiée, que sont basés les développements qui figurent dans tous les ouvrages classiques.

Quoi qu'il en soit, une fois admise ou démontrée l'existence de l'impédance et de l'admittance des dipôles, on en tire immédiatement les lois d'Ohm et de Kirchhoff généralisée. En supposant toutefois que les dipôles associés l'un à l'autre n'échangent de courant que par leurs bornes, c'est-à-dire ne se compénètrent pas ou n'échangent pas de courant par l'intermédiaire de parties communes des surfaces qui les délimitent.

Validité des développements précédents. Discussion des conditions dans lesquelles l'impédance peut être définie. — La chose est-elle possible ? En définitive, le dipôle, tel que l'on a dû le définir afin de pouvoir parler de l'existence de son impédance bien déterminée, peut-il avoir une existence réelle ?

A strictement parler, non. Si l'on admet que les constantes $\frac{1}{\rho}$, μ et ε ne sauraient avoir que des discontinuités finies, (de telle sorte que l'on puisse considérer, au lieu de leurs surfaces de discontinuité, des lamelles infiniment minces où ces coefficients varient de façon continue), on ne saurait guère considérer de champ électromagnétique s'annulant à distance finie.

Cependant, considérons dans des conditions données le champ électromagnétique, et supposons que nous nous intéressions spécialement à ce qui se passe dans une région donnée. En examinant les équations de Vaschy, on se rend compte de la possibilité de tracer une surface contenant à son intérieur la région à laquelle on s'intéresse, et telle que, si l'on suppose que sur elle et à l'extérieur le champ est identiquement nul, on introduira dans la région spécialement considérée, que des altéra-

Digitized by Google

tions du champ absolument négligeables. On peut dire que cette surface limite le champ fini, relatif à la région spécialement considérée.

Même plus, le champ fini, tel qu'on vient de le définir, peut être délimité par une surface dont certaines zones traverseront des régions où le champ à une certaine valeur, pourvu que l'aire de ces zones soit extrêmement petite.

Ceci permet donc, dans bien des cas (mais non cependant en toutes circonstances), de concevoir une surface limite du champ fini, s'appuyant sur le contour de bornes où le champ n'est pas petit. C'est dans ces cas que la définition de l'impédance, donnée précédemment, peut s'appliquer.

Propriétés essentielles de l'impédance. — Sans doute, les raisonnements qui précèdent n'ont rien de rigoureux. Peut-être une étude analytique plus serrée permettrait-elle de mieux préciser ce qu'il y a d'un peu vague dans le présent exposé. Cependant, les développements qui précèdent ne sont qu'une traduction analytique de faits bien établis par l'expérience.

Lorsque l'on constitue un assemblage de conducteurs et de diélectriques, disposés de façon quelconque, mais tel cependant que, lorsque cet assemblage est parcouru par des courants alternatifs d'une fréquence bien déterminée, le champ électrique et le champ magnétique décroissent rapidement lorsqu'on s'éloigne d'une certaine région où se trouve disposé l'assemblage considéré, il est possible de définir avec sécurité un coefficient d'impédance pour la fréquence donnée, de l'assemblage supposé alimenté par deux bornes. Ce coefficient est susceptible de se mesurer une fois pour toutes. Il se conserve lorsqu'on associe, au dipôle auquel il est attaché, un autre dipôle dont le champ fini n'empiète pas sur celui du premier. Il n'est pas changé par les modifications (non infiniment grandes) apportées à la nature du milieu aux points extérieurs au champ fini du dipôle.

Telle est la justification de la généralisation, dans le cas des courants alternatifs en régime permanent, des lois d'Ohm et de Kirchhoff.

Digitized by Google

Il y a lieu de remarquer que l'existence éventuelle d'une impédance apparente bien déterminée n'est en rien la conséquence de l'existence de la résistance ohmique, du coefficient de self-induction ou de la capacité électrostatique, de telle ou telle partie de l'assemblage. Ce n'est même que dans des cas très particuliers, et même difficiles à réaliser pratiquement, que ce coefficient d'impédance apparente se relie simplement aux valeurs de ces autres coefficients dont l'existence se démontre et la valeur se calcule à partir d'équations différentes, ou plutôt à partir d'une seule des équations générales, simplifiée encore par l'absence de termes en ω

On peut encore remarquer que la surface limite du champ fini est susceptible de varier lorsque ω varie. On ne doit donc pas s'étonner que la possibilité de définir des impédances soit assez restreinte pour les hautes fréquences.

Une note ultérieure sera consacrée à l'étude des équations générales des quadripôles, faite à partir des mêmes considérations.

Digitized by Google

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Les propriétés physiques des vapeurs de pétrole et les lois de leur écoulement (Jean Rey, dans *Annales des mines* : juillet, août et septembre 1925). — L'étude faite par M. Jean Rey, ingénieur des mines, lauréat de l'Institut, a porté sur les propriétés physiques de la vapeur de pétrole lampant, le kérosine des auteurs américains. M. Jean Rey s'est proposé de déterminer, avec autant de soin que possible, les propriétés physiques des vapeurs d'un corps qui est universellement employé, en effectuant des mesures sur les produits ainsi dénommés fournis par le commerce, sans chercher à leur faire subir une préparation quelconque. Le but de M. Rey était d'obtenir les valeurs moyennes caractérisant les propriétés physiques, de façon à permettre aux ingénieurs de prédéterminer les résultats qu'ils veulent obtenir dans leurs machines. Peu de travaux ont été faits sur ces questions : quelques physiciens ont effectué des mesures fragmentaires, mais aucun travail d'ensemble n'a été entrepris jusqu'ici.

Les expériences faites par M. Rey, commencées en 1896 et 1897, ont été poursuivies jusqu'en 1917. M. Rey s'est d'abord proposé de déterminer la composition moyenne du pétrole lampant, mélange de carbures d'hydrogène. Ces carbures, suivant la provenance, appartiennent à diverses séries organiques. Pour simplifier la question, M. Rey a supposé que le pétrole lampant du commerce était constitué par des carbures de la série grasse. D'après les limites de température de distillation du pétrole lampant, qui vont de 151 à 285° centigrades, ce corps comprendrait huit carbures différents, depuis le nonane (C^9H^{30}) jusqu'à l'hexadécane ($C^{16}H^{34}$). L'auteur a simplifié encore le problème en supposant le mélange réduit à quatre carbures principaux : le nonane, le décane, le tridécane et l'hexadécane, réunis dans une proportion fixe, que quelques expériences ont permis de déterminer approximativement.

Digitized by Google

Ces hypothèses admises, on peut alors prédéterminer les propriétés physiques du mélange, en se basant sur les propriétés de chacun des carbures composants. Mais les mesures manquent encore, les physiciens n'ayant étudié jusqu'ici que les carbures inférieurs, le pentane, l'hexane, le décane et l'octane.

En appliquant la loi des états correspondants et en partant des carbures inférieurs, M. Rey détermine les propriétés des quatre carbures composants. Il opère ainsi pour la tension de vapeur, pour les pressions critiques et les températures critiques. La tension de vapeur du composant peut alors être calculée suivant deux théories : ou celle de Dalton, qui est, somme toute, le principe de l'addition des pressions, ou le principe de l'addition des volumes ou loi de juxtaposition. A l'aide du premier principe, M. Rey détermine les formules empiriques qui donnent la tension de vapeur du mélange, c'est-à-dire du pétrole lampant, et il justifie l'emploi de la formule de Dupré, la meilleure de toutes celles proposées pour la tension de la vapeur saturante, lorsqu'on s'étend jusqu'au point critique.

Une fois la table des tensions de vapeur du pétrole lampant dressée à l'aide de ces hypothèses, l'auteur l'a comparée aux résultats expérimentaux qu'il a obtenus à l'aide de deux appareils différents. L'accord entre la théorie et l'expérience est suffisamment exact pour les besoins de la pratique. Il est remarquable même de constater que les nombres moyens ainsi obtenus diffèrent assez peu suivant les échantillons achetés dans le commerce, à des intervalles de plusieurs années.

La seconde propriété physique étudiée par M. Rey est la chaleur de vaporisation. La méthode est la même ; il part d'un fluide fictif, supposé formé des quatre hydrocarbures composants indiqués plus haut, et il arrive à des formules empiriques dans lesquelles entre la température critique. La vérification expérimentale, assez difficile, a donné des écarts qui n'ont pas dépassé 4 % entre l'expérience et la théorie.

Les mêmes principes ont été appliqués à la détermination de la densité liquide et du volume spécifique.

Un chapitre spécial est consacré aux chaleurs spécifiques : chaleur spécifique du liquide, chaleur spécifique de la vapeur supposée

Digitized by Google

constante et sous volume constant. Cette détermination permet d'obtenir la valeur du rapport $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$, indispensable pour aborder l'étude des vitesses d'écoulement.

Pour les déterminer, il est nécessaire de déterminer la fonction caractéristique $f(p, v, T) = 0$ de la vapeur de pétrole. Cette fonction est très différente de celle des gaz parfaits ; elle se rapproche d'ailleurs d'autres fonctions semblables données par les physiciens pour la représentation des gaz réels, et, notamment, de celle indiquée par M. Rateau pour les gaz provenant de la combustion des poudres.

Un chapitre spécial est consacré à la détermination des coefficients entrant dans les formules générales donnant la vitesse d'écoulement. La vérification expérimentale de ces formules a été obtenue par la mesure de l'écoulement d'une vapeur de pétrole surchauffée s'échappant d'un orifice calibré, à une pression et à une température également mesurées, le débit en poids étant parfaitement déterminé. L'accord entre les formules compliquées de la vitesse d'écoulement, le débit en poids calculé et les résultats expérimentaux, est fort intéressant ; l'écart moyen sur un assez grand nombre de mesures se maintient entre 3 et 4 %. Ce résultat est tout à fait suffisant pour les besoins de la pratique de l'art de l'ingénieur, attendu que le pétrole lampant se dissocie facilement par la chaleur et se polymérise, si l'action se prolonge au delà d'une certaine durée. Dans la pratique, soit qu'il s'agisse de moteurs ou de foyers alimentés par du pétrole vaporisé, la durée de l'échauffement à laquelle est soumis le pétrole est toujours faible.

La détermination des propriétés physiques de la vapeur de pétrole permet de tracer le diagramme entropique de ce corps, lequel est pour ainsi dire inverse de celui de la vapeur d'eau. C'est ainsi que la vapeur saturée de pétrole se surchauffe par la détente et qu'elle se mouille par la compression. De cette propriété résultent un certain nombre de conséquences curieuses.

L'auteur s'est proposé ensuite de déterminer la fonction caractéristique d'un mélange gazeux comme le pétrole, connaissant la fonction caractéristique de chacun de ses composants, pourvu qu'ils soient sans action chimique les uns sur les autres, ceci en appliquant

Digitized by Google

au mélange le principe de Dalton ou celui de la juxtaposition des volumes.

Enfin la partie théorique du mémoire se termine par l'étude d'une méthode permettant de déterminer la chaleur spécifique de la vapeur de pétrole surchauffée, lorsqu'on suppose qu'elle est une fonction linéaire de la température seulement.

La deuxième partie du mémoire est consacrée à la description des différents appareils étudiés et construits pour réaliser la combustion parfaite du pétrole ordinaire, ainsi que ceux qui sont nécessaires à l'étude des propriétés physiques des vapeurs de ce corps. On trouvera, dans un chapitre spécial, la descriptition des brûleurs pour lampes de phares, origine des travaux de l'auteur, qui ont permis de substituer, aux lampes à mèches multiples, le brûleur avec manchon incandescent alimenté par la vapeur de pétrole. Ces appareils ont permis la réalisation de foyers à pétrole proprement dit, pour la vaporisation de l'eau dans des chaudières tubulaires de forme nouvelle. D'assez nombreux résultats d'essais permettent de calculer le rendement de pareilles chaudières ainsi que l'utilisation des calories du pétrole.

L'ensemble de ces travaux montre qu'on peut arriver, en associant la théorie à l'expérience, à une solution suffisamment exacte des problèmes délicats qui concernent les mélanges des carbures d'hydrogène. Avec une approximation acceptable dans la pratique, il est donc possible maintenant, pour les ingénieurs, de calculer l'écoulement des vapeurs de pétrole et d'employer les diagrammes entropiques, comme ils le font couramment pour la vapeur d'eau depuis les travaux de Hirn et de Regnault.

La technique des appareils qui utilisent les huiles minérales est donc maintenant en possession d'une méthode qu'il ne reste plus qu'à développer pour l'appliquer aux divers corps de cette nature employés dans l'industrie.

L'auteur du mémoire qui vient d'être analysé est administrateur-directeur des anciens établissements Sautter-Harlé, qui ont fourni à l'administration des P.T.T. tant de machines ou appareils excellents, parmi lesquels il y a lieu de citer les monte-charges de l'hôtel des postes et des groupes électrogènes.

Digitized by Google

INFORMATIONS.

Lignes électriques à très haute tension existant en France le 1er janvier 1926. — Le développement des réseaux à haute tension a été très marqué au cours de 1925. On peut considérer aujourd'hui comme réunis en un seul deux des groupes de réseaux distincts l'an dernier, de sorte qu'il existe à présent :

1° *Deux grandes régions de forces hydrauliques* possédant chacune des cours d'eau à étiage d'hiver (Alpes et Pyrénées) et à étiage d'été (Massif central), et des réservoirs saisonniers de haute montagne :

Centre et sud-est : Conjugaison de l'énergie hydraulique des Alpes et du Massif central avec les usines thermiques de la région parisienne (charbon importé), des régions minières du centre, de Ste-Tulle (lignite), de Lingostière et Marseille (charbon importé) ; électrification des chemins de fer P.-O. et P.-L.-M. ; réseaux de transports nombreux du Massif central vers Paris, du Rhône vers les thermiques du Creusot et de la Nièvre, des Alpes vers le Massif central, de la Durance vers la Tinée le long du Rhône ;

Sud-ouest : Conjugaison de l'énergie hydraulique des Pyrénées et du Massif central (Tarn) avec les usines thermiques de Carmaux (mines) et de la région bordelaise (charbon importé) ; électrification des chemins de fer du Midi, emploi de leur réseau à très haute tension pour l'électrification générale du territoire ;

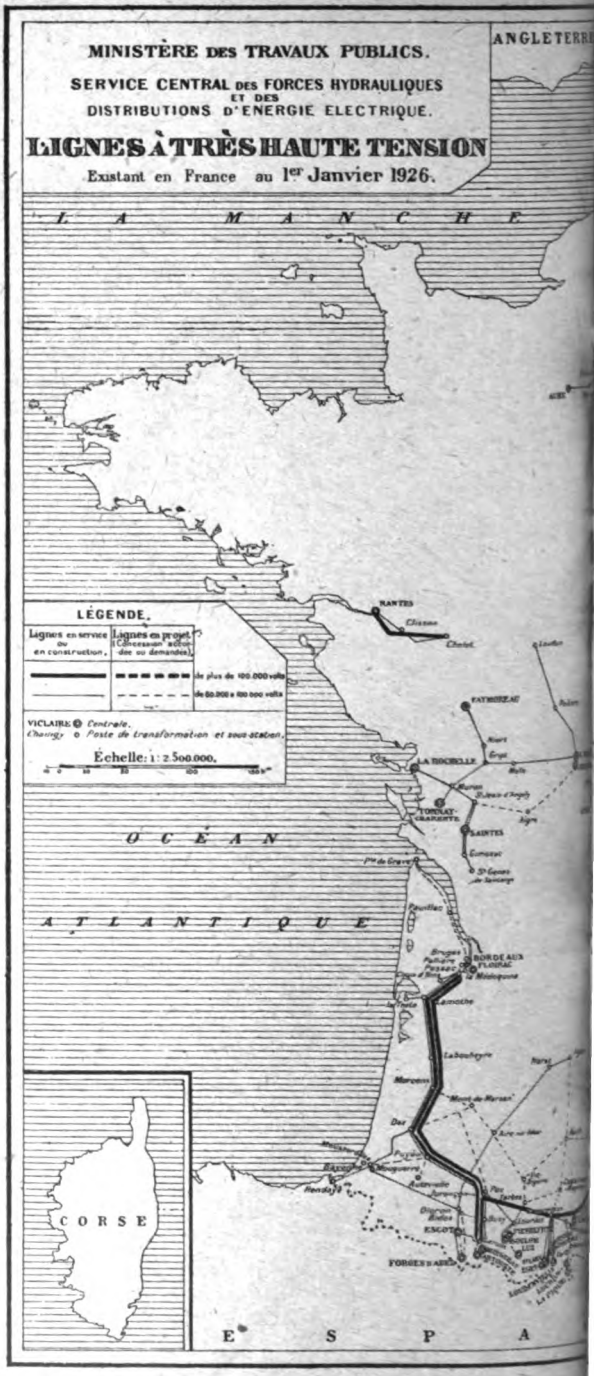
2° *Une région d'usines exclusivement thermiques :*

Nord : Centrales installées sur le carreau de la mine ;

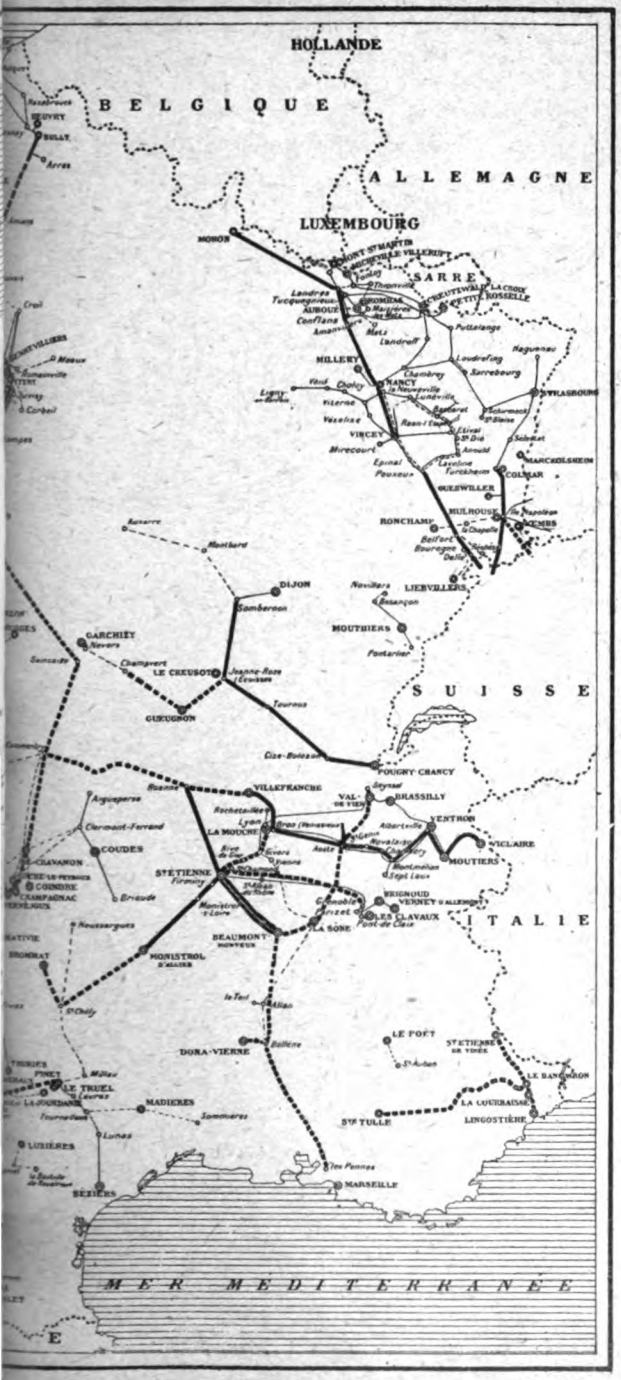
3° *Deux régions mixtes :*

Est : Conjugaison des centrales thermiques (mines de Lorraine, charbons importés de la Sarre et de la Ruhr, gaz de hauts fourneaux de Lorraine) et hydrauliques (courant importé de Suisse actuellement, énergie du Rhin prochainement) ; l'ensemble des usines de la

Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google

région s'est mis en parallèle au moyen des réseaux de transport de l'État ou des sociétés de distribution ;

Centre-ouest : Conjugaison de l'énergie hydraulique du Massif central (Vienne) avec les usines thermiques de Faymoreau (mine) et Nantes (charbon importé).

Dans le reste du territoire, il n'y a encore rien à signaler de bien important, du moins en ce qui concerne les réseaux à 60.000 volts et au-dessus.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

AUG 31 1926

15e ANNÉE. — N° 8. AOUT 1926. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS. Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

Sur un type d'oscillations entretenues par réaction, par Ph. Le Corbeiller, ingénieur des Postes et Télégraphes, Docteur ès Sciences 653

Les postes de réception types du service de la radiodiffusion (II), par M. Pellenc, ingénieur des Postes et Télégraphes 675

L'appareil télégraphique Wright, par P. Mocquard, ingénieur des Postes et Télégraphes 685

Étude sur l'établissement des canalisations téléphoniques multiples dans Paris, par J. Mailley, ingénieur des Postes et Télégraphes 703

Revue des périodiques. — Amplificateurs à deux fils.

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

SUR UN TYPE D'OSCILLATIONS ENTRETENUES PAR RÉACTION,

Par Ph. LE CORBEILLER,
Ingénieur des Postes et Télégraphes, Docteur ès Sciences.

1. Considérons un système mécanique à un seul degré de liberté, de constantes m, r, s, entretenu en vibration harmonique simple de pulsation ω grâce à l'énergie d'une source auxiliaire contrôlée synchroniquement par le système oscillant lui-même. L'équation du mouvement sera

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+r\frac{dx}{dt}+sx=f, \qquad (1)$$

où f est la force d'entretien. Soient X, V, F, les maximums des modules de x, de $v=\frac{dx}{dt}$ et de f; soit β la phase de f par rapport à v. En général, F et β seront des fonctions de X et de ω, fonctions déterminées par les connexions du système. Supposons-les connues et voyons quelles équations on pourrait poser pour connaître X et ω.

2. Soit z l'impédance mécanique du système (m, r, s) :

$$z=r+\sqrt{-1}\left(m\omega-\frac{s}{\omega}\right)=Ze^{\alpha\sqrt{-1}}.$$

On peut écrire :

$$f=F.e^{\beta\sqrt{-1}}.\frac{v}{V}=\frac{F.e^{\beta\sqrt{-1}}}{\omega X}\cdot v,$$

et l'équation (1) devient :

$$zv=\frac{F.e^{\beta\sqrt{-1}}}{\omega X}v, \qquad (2)$$

ou bien

$$Ze^{\alpha\sqrt{-1}}=\frac{F}{\omega X}e^{\beta\sqrt{-1}}. \qquad (3)$$

Digitized by Google

Cette équation équivaut à deux équations réelles, qui expriment que les modules et les arguments des deux membres sont respectivement égaux :

$$Z = \frac{F}{\omega X}, \qquad \alpha = \beta.$$

Posons, comme à l'habitude,

$$\frac{r}{2m} = \Delta, \qquad \frac{s}{m} = \omega_0 ;$$

il vient :

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{m\omega - \frac{s}{\omega}}{r} = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\Delta\omega}, \tag{4}$$

$$Z = \frac{r}{\cos\alpha}. \tag{5}$$

L'équation (3) équivaut donc aux deux équations :

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\beta = \dfrac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\Delta\omega}, & (6) \\ \dfrac{F}{\omega X} = \dfrac{r}{\cos\beta}. & (7) \end{cases}$$

Ces deux équations fourniront en général les valeurs des deux inconnues du problème, la pulsation ω et l'amplitude X des oscillations entretenues, pour les différents régimes possibles. Il peut se présenter toutefois des cas d'indétermination ; nous en verrons des exemples plus loin.

3. Plaçons-nous d'abord dans l'hypothèse où, en vertu des connexions du système, l'angle β est constant et la grandeur F de la force ne dépend que de X :

$$F = \psi(X).$$

Ce cas a été étudié par Kennelly et Upson (1). La pulsation des oscillations entretenues est donnée par (6), qui peut s'écrire :

$$\omega^2 - 2\Delta . \operatorname{tg}\beta . \omega - \omega_0^2 = 0,$$

(1) A. E. Kennelly et W. L. Upson, *The humming telephone* (*Proc. Am. Phil. Soc.* : juillet 1908), repris dans Kennelly, *Electrical Vibration Instruments* (Mc Millan, 1923), pp. 361-364. Les notations diffèrent légèrement de celles de la présente note.

Digitized by Google

d'où

$$\omega = \Delta \operatorname{tg}\beta + \sqrt{\Delta^2 \operatorname{tg}^2\beta + \omega_0^2}. \qquad (8)$$

Elle est unique ; il n'y a donc, au plus, qu'un régime possible. Quant à l'équation (7), elle s'écrit :

$$\frac{\psi(X)}{\omega X} = \frac{r}{\cos\beta}. \qquad (9)$$

Ceci montre d'abord que cos β doit être positif ; dans le cas contraire, il n'y a pas d'oscillations. Ensuite, on doit encore distinguer deux cas, suivant que $\psi(X)$ est proportionnel à X ou non. S'il n'est pas proportionnel, l'équation (9), où ω est connu de par (8), donnera l'amplitude cherchée X. Si $\psi(X)$

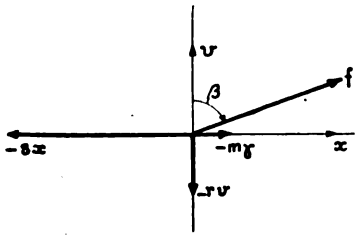


Fig. 1.

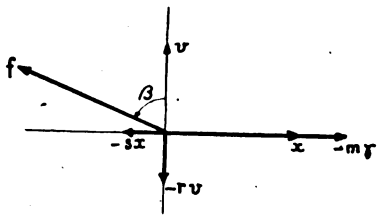


Fig. 2.

$= KX$, X disparaît de l'équation ; dans le cas théorique de la linéarité, l'amplitude des oscillations reste indéterminée.

La condition d'entretien est intuitive en s'aidant d'un diagramme. Il faut que la force f soit déphasée sur la vitesse v de moins de $\frac{\pi}{2}$ en valeur absolue ; autrement, la force de frottement $-rv$ ne pourrait être levée. Si avec cela β est négatif (fig. 1), le système oscille *au-dessous* de sa fréquence propre, $\omega < \omega_0$, la force d'entretien vient en aide à la force d'inertie ; si β est positif (fig. 2), le système oscille *au-dessus* de sa fréquence propre, $\omega > \omega_0$, la force d'entretien vient en aide à la force élastique de rappel.

4. L'hypothèse la plus simple que l'on puisse faire, après avoir supposé β constant, est de le supposer variant linéairement avec la fréquence, F restant toujours fonction de X seul, et c'est

Digitized by Google

à cette hypothèse qu'est consacrée plus particulièrement cette note. Nous poserons donc

$$\beta = \alpha + c\,\omega. \tag{10}$$

L'équation (6) devient :

$$\operatorname{tg}(\alpha + c\,\omega) = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\,\Delta\,\omega}. \tag{11}$$

Les racines de cette équation sont les abscisses des points d'intersection d'une branche d'hyperbole avec les branches, en nombre infini, représentant la fonction tg (fig. 3). Mais elles ne

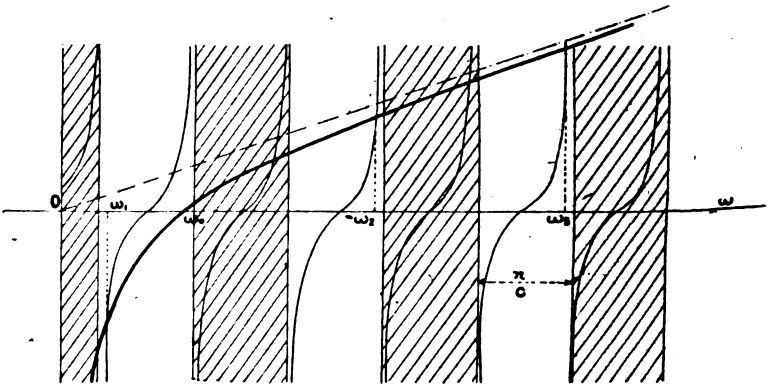


Fig. 3.

conviennent pas toutes au problème physique, car il faut toujours, d'après (7) ou (9), que cos β soit positif, ou bien

$$2n\pi - \frac{\pi}{2} < \alpha + c\,\omega < 2n\pi + \frac{\pi}{2}.$$

Nous ne devons donc garder qu'une branche sur deux de la courbe tg.

Le système a donc une infinité de fréquences d'oscillation possibles, correspondant aux pulsations ω_1, ω_2, ω_3, ... L'une de ces fréquences est plus petite que toutes les autres ; les fréquences très élevées diffèrent entre elles d'un nombre de cycles voisin de $\frac{1}{c}$.

5. Le dispositif générateur d'oscillations connu sous le nom de *téléphone chantant* donne, au prix de certaines simplifica-

Digitized by Google

tions, un exemple d'un système du type précédent. La discussion de l'équation (11) lorsque c varie conduit à des courbes dont l'allure est identique à celle des courbes du même phénomène relevées par Kennelly et Upson.

Les équations du téléphone chantant sont (voir l'annexe à la présente note) :

$$\begin{cases} (Z+Z_{app})\,i+A\,v=Q\,x, \\ -A\,i+(z''+z_{app})\,v=0, \end{cases} \qquad (12)$$

où

$$\begin{cases} Z_{app}=J_1-\dfrac{J_{12}^2}{J_2+M}, \qquad z_{app}=\dfrac{\beta}{\alpha}\,z_M, \\ Q=\dfrac{-J_{12}}{J_2+M}\,\beta\,h\,j_0, \\ \dfrac{1}{\alpha}=\cos\dfrac{L\omega}{a}+\sqrt{-1}\sin\dfrac{L\omega}{a}\times\dfrac{R_0}{z_M}, \\ \dfrac{1}{\beta}=\cos\dfrac{L\omega}{a}+\sqrt{-1}\sin\dfrac{L\omega}{a}\times\dfrac{z_M}{R_0}. \end{cases}$$

La discussion de ces équations complètes paraît inabordable. Essayons de voir ce qu'elles deviennent si nous remplaçons les fonctions complexes suivantes de ω par des constantes réelles,

$$Z+Z_{app}=R, \qquad \frac{J_{12}}{J_2+M}=g,$$

et de plus l'impédance mécanique z_M du microphone par la résistance caractéristique de la colonne d'air :

$$z_M=R_0.$$

Cette dernière hypothèse supprime la réflexion des ondes sur le diaphragme du microphone et réduit par conséquent le phénomène d'entretien à sa forme élémentaire, la relation de celle-ci à la forme générale étant la même qu'entre la propagation sur une ligne électrique infinie et la propagation sur une ligne fermée par des impédances terminales.

Le système (12) devient alors :

$$\begin{cases} R\,i+A\,v=-e^{-\frac{L\omega}{a}\sqrt{-1}}\cdot g\,h\,j_0\,\dfrac{v}{\omega\sqrt{-1}}, \\ -A\,i+(z''+R_0)\,v=0, \end{cases}$$

Digitized by Google

d'où, en éliminant i :

$$\left(\frac{A^2}{R} + z'' + R_0\right) v = \frac{A}{R} \frac{g h j_0}{\omega} e^{-\left(\frac{L\omega}{a} - \frac{\pi}{2}\right)\sqrt{-1}} v \qquad (13).$$

Le coefficient de v est une impédance mécanique ζ; le diaphragme de l'écouteur, dans ce système simplifié, se comporte donc comme s'il possédait la nouvelle impédance ζ et qu'il fût soumis à une force d'entretien de grandeur

$$\psi(X) = \frac{A g h j_0}{R} X = KX$$

et déphasée sur v de l'angle

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \frac{L\omega}{a}.$$

Désignons par r_ζ la partie réelle de l'impédance ζ, par ω_r, Δ, la pulsation de résonance et le coefficient d'amortissement relatifs à ζ; l'équation (13) est équivalente à deux équations réelles analogues aux équations (6) et (7), et qui sont ici :

$$\operatorname{tg}\beta = \operatorname{cotg}\frac{L\omega}{a} = \frac{\omega^2 - \omega_r^2}{2\Delta\omega_r} \qquad (14)$$

et

$$\frac{\psi(X)}{\omega X} = \frac{r_\zeta}{\cos\beta},$$

ou bien :

$$\frac{K}{\omega} = \frac{r_\zeta}{\sin\frac{\omega}{a}}. \qquad (15)$$

L'équation (14) nous donne toutes les fréquences d'oscillation possibles par l'intersection de deux courbes (fig. 4), comme on l'a vu au paragraphe précédent. Il ne faut conserver ici, d'après (15), que les racines satisfaisant à :

$$2n\pi < \frac{L\omega}{a} < (2n+1)\pi.$$

Nous obtenons ainsi les fréquences $\frac{\omega_1}{2\pi}, \frac{\omega_2}{2\pi}, \ldots$ dont les plus élevées diffèrent entre elles de a/L cycles environ. Quant à l'amplitude des oscillations, elle est indéterminée, ce qui provient ici encore de ce que la grandeur $\psi(X)$ de la force d'entre-

Digitized by Google

tien est proportionnelle à X; mais l'équation (15) nous fournit à la place l'intensité du courant continu microphonique

$$j_0 = \frac{R r_\zeta}{A g h} \times \frac{\omega}{\sin \frac{L\omega}{a}}, \qquad (16)$$

relation où l'on doit donner à ω successivement les valeurs ω_1, ω_2, ... correspondant aux divers régimes possibles.

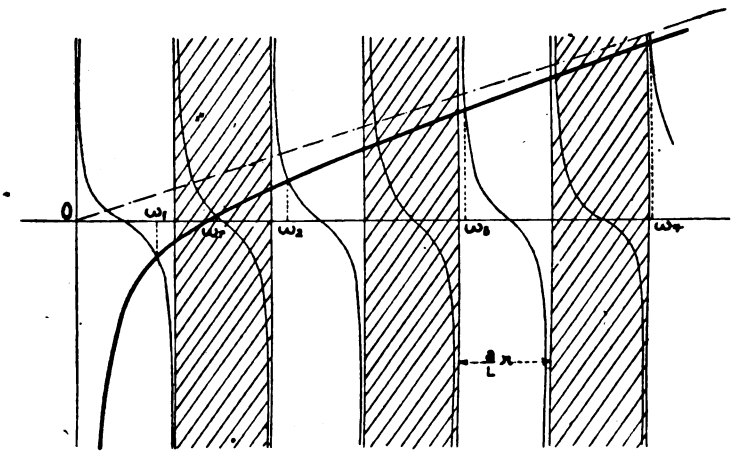


Fig. 4.

6. Pour voir jusqu'à quel point le système précédent ressemble au téléphone chantant dont il a été dérivé au moyen de simplifications considérables, voyons comment il se comporte lorsqu'on fait varier d'une manière continue la longueur L de la colonne d'air qui constitue le couplage mécanique, et nous comparerons ensuite nos résultats théoriques avec les résultats expérimentaux connus.

Partons d'une longueur de tube satisfaisant à la relation

$$\frac{L\omega_r}{a} = 2n\pi + \frac{\pi}{2},$$

où n est un nombre entier quelconque. Pour une telle valeur de L, l'équation (14) admet la solution $\omega = \omega_r$, c'est-à-dire que, parmi les fréquences d'oscillation possibles, se trouve la fréquence de résonance apparente $\omega_r/2\pi$ du diaphragme. Admettons, ce qui se conçoit intuitivement, que c'est cette fréquence f_r que

Digitized by Google

prendra le système. Augmentons maintenant légèrement la longueur du tube. La période $\frac{a\pi}{L}$ de la courbe cotg va diminuer, et le point d'intersection dont l'abscisse est voisine de ω_r va être déplacé légèrement vers la gauche ; la fréquence d'oscillation, c'est-à-dire la hauteur du son émis, commencera donc par baisser (1).

Admettons que, lorsque la fréquence de résonance apparente f_r du diaphragme ne figure pas parmi les fréquences d'oscillation possibles, c'est celle de ces dernières qui est la plus voisine de f_r que choisit le système (2). Alors, lorsque nous augmenterons la longueur du tube, la hauteur du son baissera jusqu'à ce que le tube ait atteint la longueur satisfaisant à

$$\frac{L\omega_r}{a} = 2n\pi + \pi,$$

c'est-à-dire jusqu'à ce que l'on ait allongé le tube de la quantité $\frac{a}{\omega_r} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{1}{4}\lambda_r$, λ_r étant la longueur d'onde dans l'air du son de fréquence f_r. A ce moment, la branche d'hyperbole et la courbe cotg se couperont au point ω_r de l'axe des abscisses, mais ce point fera partie, sur la courbe cotg, d'une branche à rejeter (la figure 4 représente un état de choses voisin de celui-là). Il y aura alors deux fréquences d'oscillation possibles équidistantes de f_r, f_m et f_M, et, lorsqu'on allongera très légèrement le tube, la hauteur du son émis sautera brusquement de la valeur inférieure f_m à la valeur supérieure f_M. Elle baissera ensuite continuement jusqu'à ce que le tube ait encore été allongé de la quantité $\frac{1}{4}\lambda_r$ et à ce moment elle aura de nouveau la valeur f_r ; et ainsi de suite.

---

(1) Le calcul confirme ce raisonnement ; on a, au voisinage de f_r,

$$\frac{df}{dL} = -\frac{f_r}{L + \frac{a}{\Delta}}.$$

(2) En réalité, il y aura un phénomène de traînage, analogue à ceux qu'on observe avec un émetteur radio à circuits couplés ; voir Kennelly, *Electr. Vibr. Inst.*, fig. 145.

Digitized by Google

Les variations de la hauteur du son émis, lorsque varie la longueur du tube, sont donc représentées par une courbe ayant l'allure suivante :

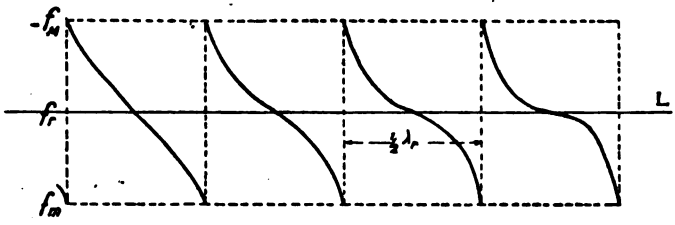


Fig. 5.

Voyons quelles seront les variations correspondantes du courant microphonique j_0. L'équation (16) nous donne :

$$j_0 = \frac{R}{Agh} \times \omega \times \frac{r_\zeta}{\sin \frac{L\omega}{a}} = K\omega \times \mathrm{mod}\,\zeta,$$

relation où ω varie entre les valeurs ω_m et ω_M encadrant la pulsation de résonance apparente ω_r pour laquelle mod ζ est minimum. Les variations de j_0 en fonction de L sont donc les suivantes :

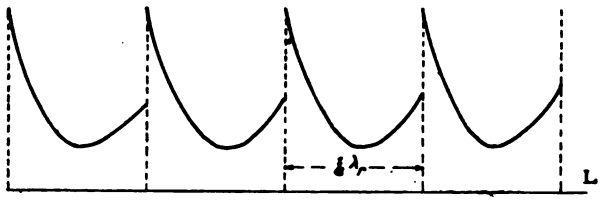


Fig. 6.

Que l'on compare à présent les figures 5 et 6 avec les courbes obtenues par Kennelly et Upson, et reproduites sur les figures 142, 143, 144 de *Electrical Vibration Instruments*, et l'on pourra être surpris que des approximations aussi grossières que celles du paragraphe précédent conduisent néanmoins à d'aussi bonnes ressemblances qualitatives. L'accord cesse d'ailleurs si l'on essaye d'obtenir des vérifications quantitatives. Mais la similitude des courbes théoriques et expérimentales mérite, croyons-nous, d'être soulignée, et s'explique de la manière suivante :

Digitized by Google

La discussion que nous avons faite porte, en somme, sur le système défini très généralement au paragraphe 4, lorsqu'on fait varier le coefficient c ; le téléphone chantant n'a été introduit qu'à titre d'illustration. Or considérons un système (m, r, s) entretenu par réaction à la fréquence f_0. A ce régime, la force d'entretien fait avec la vitesse un certain angle de phase $\beta = \beta_0$. Si, lorsqu'on fait varier un certain paramètre, la fréquence d'oscillation f varie, l'angle β variera aussi en général. Mais le système $\beta = C^{te}$ étudié par Kennelly et Upson constituera toujours une première approximation du système étudié, quelque compliqué que soit celui-ci, au voisinage de la fréquence f_0, et donnera sur lui, dans une plage plus ou moins étendue autour de f_0, des renseignements intéressants. De même, le système que nous avons étudié, pour lequel β varie linéairement avec ω, constituera une deuxième approximation, valable en général dans une bande de fréquences encore plus large. En vertu de la périodicité en L du phénomène du téléphone chantant, les ressemblances qualitatives que nous avons observées montrent seulement que notre système simplifié ressemble assez bien au système réel dans la bande de fréquences (f_m, f_M) comprenant f_0, ce qui est moins surprenant que si l'on énonce qu'il lui ressemble dans une étendue quelconque de variation de L.

Il ne paraît guère intéressant de pousser l'approximation plus loin. Il vaut mieux, comme vient de le faire H. Fletcher dans un très intéressant article du *Bell System Technical Journal* (1), prendre le système (12) dans toute sa complication et calculer les courbes qui en résultent en donnant aux coefficients les valeurs correspondant à une expérience réellement exécutée. On peut ainsi tenir compte de la variation de certaines quantités, telles que h et T, qui ne sont rien moins que constantes. L'accord de la théorie avec l'expérience, comme on peut le voir dans l'article de H. Fletcher, ne laisse alors plus rien à désirer.

---

(1) Harvey Fletcher, *The theory of the operation of the howling telephone with experimental confirmation* (*B. S. T. J.* : janvier 1926, pp. 27-49).

Digitized by Google

7. Aux vérifications apportées par H. Fletcher, et qui portent sur des courbes du type de la figure 5, il peut être intéressant d'ajouter encore la suivante. On peut relever expérimentalement la courbe de l'impédance motionnelle du diaphragme de l'écouteur, chargé par la colonne d'air et le diaphragme microphonique, en fonction de la fréquence. Cette étude, faite par H. Mori en 1918 (1), donne des courbes telles que la suivante (fig. 7).

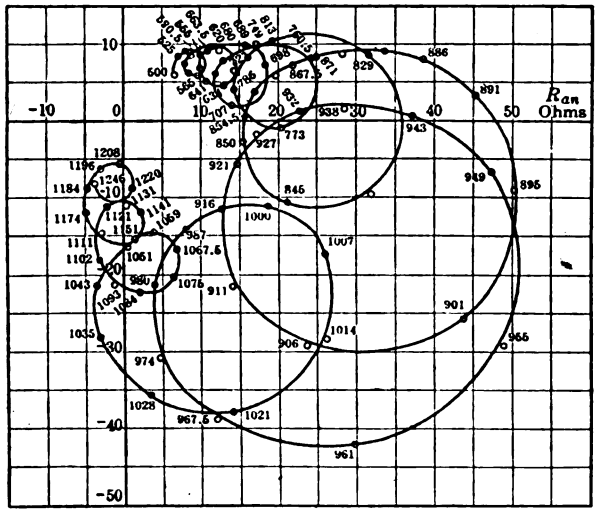


Fig. 7.

Utilisons les équations du récepteur téléphonique (éq. 2 et 4 de l'annexe), en observant que le diaphragme chargé a pour impédance $(z''+z_{app})$. Nous avons :

$$\begin{cases} Z\,i+A\,v=e, \\ -A\,i+(z''+z_{app})\,v=0. \end{cases}$$

Entre ces équations, éliminons v ; il vient :

$$Z\,i+\frac{A^2\,i}{z''+z_{app}}=e.$$

L'impédance motionnelle du diaphragme chargé est donc :

$$Z_{mot}=\frac{A^2}{z''+z_{app}}.$$

(1) H. Mori, *Study of motional impedance in receivers*, Denki Hyoron, 1920. — Kennelly, *Electrical Vibration Instruments*, pp. 300-302.

Digitized by Google

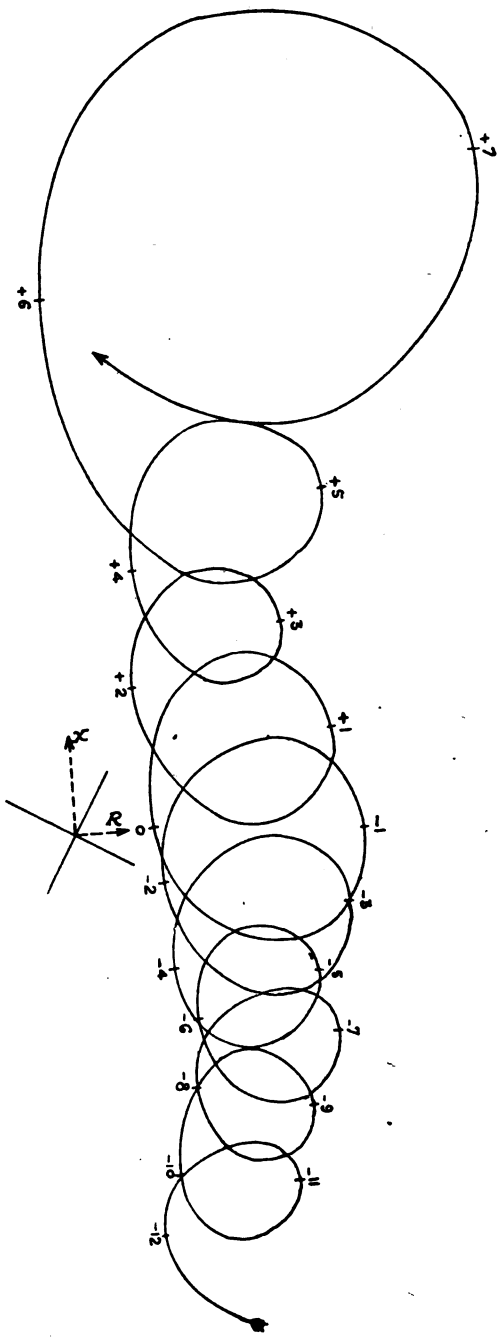


Fig. 8.

Digitized by Google

Par suite, si l'on soumet la courbe de la figure 7 à une inversion de centre O, on trouvera, à l'échelle près (sans tenir compte de l'orientation dans le plan, laquelle est due à l'hystérésis et aux courants de Foucault), la courbe des variations de $z_1 = z'' + z_{app}$ en fonction de la fréquence. Cette opération donne la courbe ci-contre (fig. 8).

Or on a : $z_1 = z'' + z_{app} = z'' + R_0 \operatorname{th}(\Theta + \theta)$,

ce qui donne, après quelques transformations :

$$z_1 = z'' + z_M + R_0 \frac{\sqrt{-1}\left(1 - \frac{z_M^2}{R_0^2}\right) \operatorname{tg} \frac{L\omega}{\alpha}}{1 + \sqrt{-1}\,\frac{z_M}{R_0} \operatorname{tg} \frac{L\omega}{\alpha}}. \qquad (17)$$

z_1 se compose donc d'une partie $z'' + z_M$ qui est une impédance à coefficients constants et dont par conséquent le point représentatif décrit une droite lorsque la fréquence varie, et d'un terme complémentaire, le troisième, dont la loi de variation est plus compliquée. Étudions-la. Nous remarquons d'abord un facteur périodique, $\operatorname{tg} \frac{L\omega}{a}$, qui reprend la même valeur lorsque la fréquence $f = \frac{\omega}{2\pi}$ augmente de $\frac{a}{2L} = \frac{f_0}{2}$, en appelant f_0 la fréquence correspondant à une longueur d'onde L. Appelons cette quantité une pseudo-période et supposons en première approximation que z_M garde une valeur moyenne constante $k R_0$ (k complexe) pendant une pseudo-période. Posons $\operatorname{tg} \frac{L\omega}{a} = t$, qui variera de $-\infty$ à $+\infty$ pendant une pseudo-période ; le terme complémentaire s'écrit :

$$\sqrt{-1}\, R_0 (1 - k^2) \times \frac{t}{1 + \sqrt{-1}\, k t}. \qquad (18)$$

La quantité complexe $\frac{t}{1 + \sqrt{-1}\, k t}$ décrit un cercle au cours d'une pseudo-période (fig. 9) ; le facteur $\sqrt{-1}\, R_0 (1 - k^2)$ modifie la grandeur de ce cercle et son orientation dans le plan.

Digitized by Google

D'autre part, au cours d'une pseudo-période, le point $z'' + z_M$ s'est élevé de A en B sur une verticale (fig. 10); le point z_1 défini par la formule (17) a donc décrit un arc de courbe tel que AB.

Lorsque ω croît de 0 à $+\infty$, le lieu de z_1 se compose d'une infinité d'arcs tels que AB, correspondant chacun à une pseudo-période. Lorsque ω est grand, le terme complémentaire (18) est représenté par un cercle de rayon $\frac{m_M^2 \omega^2}{2 r_M}$ tangent à droite à l'axe imaginaire; les boucles de la courbe vont donc en s'agrandissant

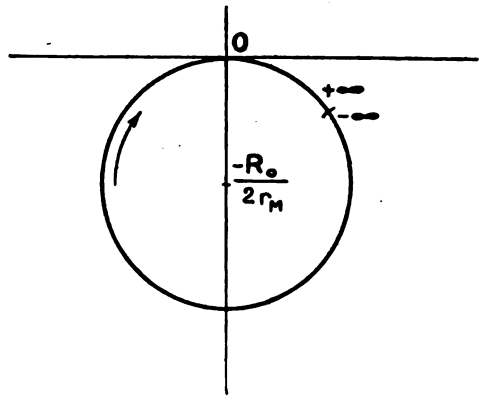


Fig. 9.

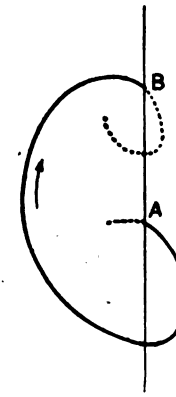


Fig. 10.

vers la droite lorsque ω croît à partir de la résonance. Lorsque ω décroît à partir de la résonance, les boucles commencent également par s'agrandir, mais il n'y en a qu'un nombre *fini*, et, lorsque ω tend vers zéro, z_1 tend vers z''.

Cette discussion théorique, pour rapide qu'elle soit, rend bien compte de la forme de la courbe de la figure 8, et par suite de celle de la figure 7 relevée par H. Mori. La distribution des fréquences sur cette courbe est également en accord avec la théorie, car les fréquences portées sur la figure 8 sont données à 1,2 % près par la formule

$$f = 961 + 36\,n, \qquad n \text{ de } -12 \text{ à } +7,$$

Digitized by Google

et l'expérience ayant été faite avec un tube de 227 centimètres, donne, pour la vitesse du son :

$$a = 4 \times 36 \times 2{,}27 = 327 \text{ m : sec},$$

c'est-à-dire la valeur réelle à 1 °/₀ près.

L'expression (17) représente, dans le problème électrique correspondant, l'impédance d'une ligne homogène sans pertes de constantes linéaires (L, C), précédée d'une impédance z'' et fermée par une impédance z_M. La courbe de variation de cette impédance en fonction de la fréquence peut différer sur certains points de la courbe de la figure 8, suivant les valeurs relatives des constantes, et il serait intéressant qu'un bureau d'études pourvu de calculateurs publiât un album des cas les plus typiques. Non seulement, en effet, cette question se présente en électricité, mais l'électromécanique offre des impédances électriques motionnelles qui sont, comme on vient de le voir, des réciproques d'impédances mécaniques du type en question, et des courbes semblables à celle de la figure 7 ont été publiées de côté et d'autre par différents expérimentateurs.

ANNEXE.

1. Données définissant un écouteur téléphonique. — Ce sont :

Fig. 11.

la masse m, les coefficients de frottement r et d'élasticité s d'un mobile fictif oscillant comme le centre du diaphragme dans son mode de vibration fondamental ;

S, surface de l'un des pôles ;

X, entrefer au repos ;

N, nombre total de tours des deux bobines ;

R, résistance des deux bobines ;

$\mathcal{F}_0$, force magnétomotrice permanente de l'aimant.

Nous négligeons d'une part la dispersion, d'autre part l'hystérésis et les courants de Foucault.

Les inconnues du problème sont le mouvement du centre du diaphragme et le mouvement de l'électricité dans le circuit inducteur. Les coordonnées correspondantes sont l'élongation x

Digitized by Google

du centre et la quantité d'électricité q traversant une section donnée ; leurs vitesses sont : $v = \frac{dx}{dt}$, $i = \frac{dq}{dt}$.

2. Expression du flux magnétique variable. — Introduisons un courant magnétisant fictif i_0 défini par

$$4\pi N i_0 = \mathcal{F}_0.$$

La loi du circuit magnétique $\mathcal{F} = \mathcal{R}$ donne :

$$4\pi N(i_0 + i) = \frac{2(X - x)}{S}(\Phi_0 + \Phi).$$

Considérant les quantités variables Φ, i et x comme des infiniment petits du premier ordre par rapport aux quantités constantes de même nature, ceci donne entre elles la relation :

$$\Phi = \frac{2\pi NS}{X^2}(Xi + i_0 x). \qquad (1)$$

3. Équation du circuit électrique. — C'est : $Ri = e - N\frac{d\Phi}{dt}$, en appelant e la tension entre les bornes. D'après (1), ceci s'écrit :

$$Ri = e - \frac{2\pi N^2 S}{X}\frac{di}{dt} - \frac{2\pi N^2 S i_0}{X^2}\frac{dx}{dt}.$$

Posant

$$\frac{2\pi N^2 S}{X} = L, \qquad R + L\frac{d}{dt} = Z, \qquad \frac{L i_0}{X} = A,$$

il vient :

$$Zi + Av = e. \qquad (2)$$

4. Équation de l'organe mobile. — C'est : $zv = f$, z étant l'impédance mécanique $r + \sqrt{-1}\left(m\omega - \frac{S}{\omega}\right)$, f la force alternative agissant sur le diaphragme. Supposons d'abord que f provienne uniquement du système inducteur ; d'après la loi de Maxwell, nous aurons, en affectant l'indice zéro aux quantités constantes :

$$f_0 + f = \frac{(\mathcal{B}_0 + \mathcal{B})^2 . 2S}{8\pi},$$

Digitized by Google

d'où la relation entre les quantités du premier ordre f et Φ :

$$f = \frac{\Phi_0 \Phi}{2\pi S},$$

qui, d'après (1), s'écrit :

$$f = \frac{2\pi N^2 S i_0}{X^3}(X i + i_0 x),$$

ou, en posant

$$\frac{2\pi N^2 S i_0}{X^3} = A\frac{i_0}{X} = B,$$

$$f = A i + B x. \qquad (3)$$

L'équation de l'organe mécanique est donc :

$$z v = A i + B x.$$

Posant $z + \frac{\sqrt{-1}\,B}{\omega} = z''$ (impédance mécanique du diaphragme en présence du système inducteur), elle s'écrit :

$$-A i + z'' v = 0. \qquad (4)$$

5. Equations du récepteur téléphonique. — Nous n'avons pas introduit de force agissant sur le diaphragme, autre que celle provenant du système inducteur. Soit f une pareille force ; les équations du récepteur téléphonique sont :

$$\begin{cases} Z i + A v = e, & (2) \\ -A i + z'' v = f, & (5) \end{cases}$$

où la force électromotrice alternative e appliquée aux bornes de l'appareil, et la force mécanique alternative f appliquée au diaphragme, jouent un rôle symétrique. Les véritables données qui définissent l'écouteur, d'un point de vue plus élevé que celui du par. 1, sont donc :

1° l'impédance électrique de l'inducteur, Z ;

2° l'impédance mécanique de l'organe mobile en présence de l'inducteur, z'' ;

3° Le coefficient réel A (qui a les dimensions force électromotrice : vitesse, ou force : courant).

6. Récepteur téléphonique entretenu. — Si le diaphragme exécute des oscillations entretenues sinusoïdales à la fré-

Digitized by Google

quence $\frac{\omega}{2\pi}$, c'est que les forces (électrique et mécanique) appliquées sont alternatives et de la même fréquence (soit qu'elles proviennent d'une excitation séparée, soit qu'elles proviennent d'une source continue commandée par réaction). On pourra donc poser :

$$e = Ci + Dv, \qquad (6)$$

$$f = Fi + Gv, \qquad (7)$$

les quantités C, D, F, G, fonctions de ω et des dimensions du système, définissant e et f en grandeur et en phase. Les équations du récepteur entretenu sont donc en général :

$$\begin{cases} Zi + Av = Ci + Dv, & (8) \\ -Ai + z''v = Fi + Gv. & (9) \end{cases}$$

Il en résulte que la condition suivante devra être vérifiée pour tout régime permanent d'oscillation :

$$(Z - C)(z'' - G) + (A - D)(A + F) = 0. \qquad (10)$$

Quel que soit le dispositif employé pour produire l'entretien, on doit arriver à le décrire par deux équations du type (8) et (9), conduisant à la condition d'entretien (10). Cette condition est en nombres complexes, elle équivaut à deux conditions réelles ; elle détermine d'une part la ou les fréquences possibles d'oscillations, d'autre part, et pour chaque régime, soit l'amplitude du mouvement du diaphragme, soit la valeur de quelque paramètre lié à l'énergie empruntée à la source auxiliaire.

7. **Entretien d'un récepteur par un microphone.** — On peut imaginer différents dispositifs pour entretenir un récepteur en vibration au moyen d'un microphone. On en trouvera trois exemples dans l'article cité de H. Fletcher. D'une manière générale, ils consistent à mettre le récepteur et le microphone en série dans une sorte de circuit fermé électrico-mécanique (fig. 12), les oscillations électriques du microphone contrôlant les oscillations électriques du récepteur par couplage électrique C, les oscillations mécaniques du récepteur contrôlant les oscillations mécaniques du microphone par couplage mécanique Γ. Supposant connu, pour le moment, le courant continu

Digitized by Google

microphonique j_0, nous avons huit variables inconnues, toutes alternatives et de fréquence $\frac{\omega}{2\pi}$, savoir : le courant et la tension aux bornes du récepteur, i, e_R, la vitesse du centre du diaphragme du récepteur et la force agissant sur ce diaphragme v, f_R, et les

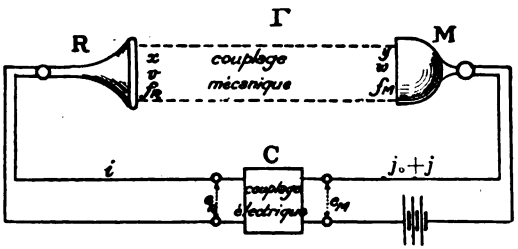


Fig. 12.

quantités correspondantes pour le microphone, j, e_M, w, f_M. Appelons M l'impédance électrique du microphone (pratiquement une résistance), z_M l'impédance mécanique de sa membrane, et supposons qu'en fonctionnement la résistance M varie d'une petite quantité hy proportionnelle au déplacement y du centre de la membrane. Nous pouvons alors poser huit équations entre nos huit variables : deux pour le récepteur, deux pour le microphone, deux pour le couplage électrique, et deux pour le couplage mécanique. Ce sont :

$$\text{récepteur :} \quad \begin{cases} Z\,i + A\,v = e_R, \\ -A\,i + z''\,v = f_R, \end{cases}$$

$$\text{microphone :} \quad \begin{cases} Mj + hj_0 y = e_M, \\ z_M\,w = f_M, \end{cases}$$

$$\text{couplage électrique :} \quad \begin{cases} J_1\,i + J_{12}\,j = -e_R, \\ J_{12}\,i + J_2\,j = -e_M, \end{cases}$$

$$\text{couplage mécanique :} \quad \begin{cases} K_1 v + K_{12} w = -f_R, \\ K_{12} v + K_2 w = -f_M. \end{cases}$$

La première équation du microphone s'obtient en remarquant que la chute de potentiel totale, composée d'une partie

Digitized by Google

constante et d'une partie alternative, est $(M+hy)(j_0+j)$. Les équations du couplage électrique sont les équations connues du quadripôle, où l'on a fait un changement de signes pour les adapter aux conventions des équations précédentes. Les équations du couplage mécanique sont de même forme ; ce sont les plus générales que l'on puisse poser en admettant que les variables soient reliées entre elles linéairement, et qu'il n'y ait pas de source d'énergie.

Entre ces huit équations, nous pouvons éliminer e_R, f_R et les quatre variables relatives au microphone et il nous restera un système de deux équations en i et v. Nous poserons :

$$Z_{app}=J_1-\frac{J_{12}^2}{J_2+M}, \qquad z_{app}=K_1-\frac{K_{12}^2}{K_2+z_M}.$$

Z_{app} est l'impédance électrique apparente du microphone vu à travers le coupleur électrique C, de même z_{app} est l'impédance mécanique du microphone vu à travers le coupleur mécanique Γ.

Nous poserons encore :

$$Q=-\frac{J_{12}}{J_2+M}\cdot\frac{K_{12}}{K_2+z_M}\cdot hj_0 ;$$

le système de deux équations en i et v s'écrit alors :

$$\begin{cases} (Z+Z_{app})i+Av=Qx, & (11)\\ -Ai+(z''+z_{app})v=0. & (12)\end{cases}$$

Ces équations décrivent l'état mécanique et électrique du récepteur plongé dans l'ensemble du dispositif. Leurs premiers membres sont de même forme que ceux des équations (2) et (5) du récepteur seul. Les impédances électrique et mécanique du récepteur ont été respectivement accrues des termes Z_{app}, z_{app}, représentant les charges électrique et mécanique additionnelles. Au second membre, nous trouvons une force de nature électrique, la force électromotrice Qx liée au déplacement du diaphragme ; il pourra donc, dans des circonstances favorables, s'entretenir des oscillations. Une condition nécessaire pour cela est que les deux équations homogènes (11) et (12) en i et v soient compatibles, ce qui donne :

Digitized by Google

$$(Z+Z_{app})(z'+z_{app})+A\left(A-\frac{Q}{\omega\sqrt{-1}}\right)=0\,; \quad (13)$$

cette équation est bien de la forme (10) ; mais ici D est nul. Le coefficient Q dépend bien clairement de l'action microphonique ; la force électromotrice d'entretien Qx peut s'écrire :

$$-h\left(\frac{J_{12}}{J_2+M}j_0\right)\left(\frac{K_{12}}{K_1+z_M}x\right);$$

c'est donc comme si les propriétés microphoniques avaient été transférées à l'écouteur par les couplages électrique et mécanique, mais ceux-ci apportant en même temps une modification des valeurs du courant j_0 et de l'élongation x représentée par les facteurs de dimensions zéro $\frac{J_{12}}{J_2+M}$ et $\frac{K_{12}}{K_1+z_M}$.

8. Couplage mécanique par une colonne d'air. — Supposons les deux diaphragmes, du récepteur et du microphone, d'égal diamètre et reliés par un tube. Les pressions et les vitesses aux deux extrémités du tube sont liées (1) par les mêmes relations que les tensions et les courants électriques aux extrémités d'une ligne de transmission, lesquelles, en régime permanent, s'expriment simplement au moyen de fonctions hyperboliques. Appelons R_0, Θ, la résistance caractéristique et l'angle hyperbolique du tube ; les équations du couplage mécanique au moyen du tube s'écrivent :

$$\begin{cases} \frac{R_0}{\operatorname{th}\Theta}v+\frac{R_0}{\operatorname{sh}\Theta}\omega=-f_R, \\ \frac{R_0}{\operatorname{sh}\Theta}v+\frac{R_0}{\operatorname{th}\Theta}\omega=-f_M. \end{cases}$$

La résistance caractéristique R_0 de la colonne d'air est égale à $Sa\rho_0$ (S section du tube, a vitesse du son dans l'air, ρ_0 = densité de l'air au repos, dans les conditions de l'expérience ; on a $a\rho_0 = 43$ C. G. S. environ). L'angle hyperbolique Θ de la

(1) Voir notamment Kennelly, *Electrical Vibration Instruments*, p. 179, et App. IX, pp. 389-396.

Digitized by Google

colonne d'air est égal à $\frac{\mu\omega\sqrt{-1}}{R_0}$, où μ est la masse de la colonne d'air de longueur L et de section S, ce qui s'écrit aussi :

$$\Theta = \frac{L\omega}{a}\sqrt{-1}. \qquad (14)$$

Introduisons encore l'angle hyperbolique θ du diaphragme du microphone, défini par :

$$z_M = R_0 \operatorname{th}\theta,$$

ainsi que les expressions α et β définies par :

$$\begin{cases} \frac{1}{\alpha} = \frac{\operatorname{sh}\theta}{\operatorname{sh}(\Theta+\theta)} = \cos\frac{L\omega}{a} + \sqrt{-1}\sin\frac{L\omega}{a} \times \frac{R_0}{z_M}, \\ \frac{1}{\beta} = \frac{\operatorname{ch}\theta}{\operatorname{ch}(\Theta+\theta)} = \cos\frac{L\omega}{a} + \sqrt{-1}\sin\frac{L\omega}{a} \times \frac{z_M}{R_0}. \end{cases}$$

Les expressions des coefficients z_{app} et Q, qui interviennent dans les équations du téléphone, deviennent alors :

$$\begin{cases} z_{app} = K_1 - \frac{K_{12}^2}{K_2 + z_M} = \frac{\beta}{\alpha} z_M = R_0 \operatorname{th}(\Theta+\theta), \quad (16) \\ Q = -\frac{J_{12}}{J_2+M} \cdot \frac{K_{12}}{K_2+z_M} h j_0 = -\frac{J_{12}}{J_2+M}\beta h j_0. \quad (17) \end{cases}$$

(On aurait obtenu tout de suite ces expressions en écrivant les relations bien connues, dues à Kennelly :

$$v = \alpha w, \qquad f_R = \beta f_M ;$$

mais nous avons préféré donner la dérivation à partir des équations générales du couplage mécanique.)

Le système d'équations (11) et (12), où z_{app} et Q ont leurs valeurs (16) et (17), a été donné par H. W. Nichols comme illustration de théories beaucoup plus générales (1). C'est celui qui est employé au paragraphe 5 de la note précédente.

(1) H. W. Nichols, *Theory of variable dynamical-electrical systems* (*Physical Review*, août 1917).

Digitized by Google

LES POSTES DE RÉCEPTION TYPES DU SERVICE DE LA RADIODIFFUSION,

Par M. PELLENC,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

II. — Postes a galène.

Nous avons, dans un précédent article (1), indiqué les grandes lignes de l'organisation générale du réseau d'État de radiodiffusion.

Nous avons, d'autre part, indiqué les considérations qui devaient présider à l'établissement de postes récepteurs types destinés à permettre la réception des émissions radiotéléphoniques des stations régionales ou des stations centrales.

Les appareils à galène, en particulier, devaient être établis de manière à pouvoir être utilisés par une personne quelconque, quelque rudimentaires que puissent être ses connaissances en matière de T. S. F.

Comme conclusion de l'étude théorique effectuée, il résultait que, pour les postes en question, il y avait lieu de recommander la réalisation d'un montage du type inductif à self de liaison unique, comme réunissant au mieux les qualités de simplicité et de rendement qui doivent être requises d'un bon appareil récepteur.

Le schéma d'un tel montage est représenté sur la figure 1.

Le réglage d'un poste semblable, pour établir l'accord sur la longueur d'onde de l'émission à recevoir, peut s'effectuer soit par des variations de la capacité C, la self L demeurant fixe, soit par des variations de la self L, la capacité C restant fixe.

Il s'ensuit donc qu'au point de vue de la réalisation deux dispositifs différents peuvent être imaginés :

(1) *Annales des P. T. T.* du mois de mai 1926.

Digitized by Google

un appareil récepteur à capacité variable ;
un appareil récepteur à self variable.

Les deux dispositifs ont été réalisés par le service de la radiodiffusion. Ils répondent tous deux à des préoccupations différentes. Le dispositif à capacité fixe et à self variable est d'une réalisation plus facile, et moins onéreuse pour un amateur, que le dispositif à capacité variable. Le second, par contre, permet de donner avec plus de facilité au montage une présentation analogue à celle des appareils de réception du commerce. Toutefois, la présence d'un condensateur variable en augmente, pour un amateur, le prix de revient.

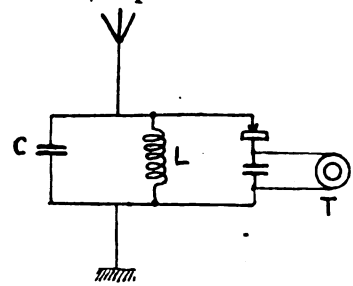


Fig. 1.

Mais ce qui différencie surtout ces deux dispositifs, c'est que le choix du premier se recommande plus spécialement aux auditeurs désireux de réaliser un montage s'adaptant rationnellement à une installation donnée (antenne, terre), la détermination des caractéristiques de l'appareil récepteur étant effectuée dans chaque cas particulier, de manière à obtenir le maximum de qualité. Le second dispositif, au contraire, peut être établi pour fonctionner sur des installations (antenne, terre) les plus diverses, en tout cas inconnues *a priori*. Sa réalisation devient alors plus compliquée, si l'on désire lui voir conserver, dans les circonstances les plus variées, les mêmes qualités.

Appareil récepteur à condensateur variable.

Généralités. — Cet appareil a été conçu, ainsi qu'il vient d'être indiqué, de manière à pouvoir être utilisé sur des

Digitized by Google

antennes dont les caractéristiques varient entre certaines limites, depuis une dizaine de mètres jusqu'à une cinquantaine de mètres (longueur d'onde fondamentale variant approximativement entre 100 et 500 mètres).

L'appareil doit rendre possible, d'autre part, la réception d'un des postes régionaux de l'administration, dont la longueur d'onde est comprise dans la gamme de 250 à 600 mètres. Il doit être établi pour permettre de couvrir cette gamme, quelle que soit l'antenne utilisée.

Il s'ensuit que le condensateur variable doit permettre la réalisation de grandes variations de capacité.

L'obtention d'un accord sur la longueur d'onde de 600 mètres nécessite, si l'antenne utilisée est courte, l'insertion, dans le circuit oscillant, d'une self élevée. Par contre, si l'appareil en question est utilisé sur une antenne assez grande, la réalisation d'un accord sur 250 mètres de longueur d'onde ne serait alors plus possible, même en donnant à la capacité sa valeur minimum. Il y a donc intérêt, pour avoir la certitude de couvrir toute la gamme de longueurs d'onde de 250 à 600 mètres avec antenne quelconque, de fractionner la self L.

Il peut arriver, malgré cela, que la longueur d'onde à recevoir soit encore trop petite pour que l'accord puisse être fait. Ce cas peut se présenter lorsqu'on utilise, ainsi que nous l'avons indiqué, des antennes de grand développement, telles que des antennes constituées par un fil de lumière, des antennes de grande capacité terminale, montées au dessus des toitures, métalliques, etc... Il faut donc avoir alors la possibilité d'intercaler, dans la base de l'antenne, un petit condensateur en série, susceptible de permettre la réalisation de l'accord par le circuit oscillant.

Schéma du montage. — Le poste type à condensateur variable du service de la radiodiffusion, destiné à la réception des courtes longueurs d'onde, est représenté schématiquement sur la figure 2. Il comprend comme éléments essentiels :

1° un condensateur variable C_v, de capacité maximum 1/1.000^{mF} ;

Digitized by Google

2° une self fixe, fractionnée en deux éléments L_1 et L_2 pouvant être utilisés de façon indépendante par l'intermédiaire d'un basculeur B ;

3° un condensateur fixe C_1, de 1/10.000$^{\mu F}$, destiné à être, le cas échéant, inséré dans l'antenne.

Il comprend en outre un détecteur D, l'écouteur téléphonique T, shunté par un condensateur C_2 de grande capacité

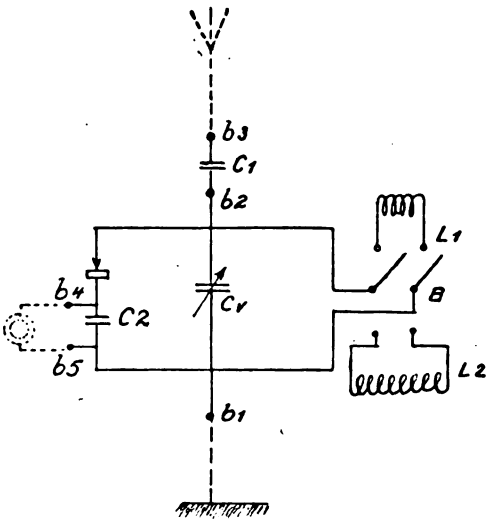


Fig. 2.

(2 à 3/1.000$^{\mu F}$), destiné à faciliter le passage des oscillations de haute fréquence.

La self L_1 est constituée par un bobinage de 16 spires en « fond de panier ». La self L_2 est constituée par deux bobinages analogues, de 18 spires chacun, mis en série et couplés l'un à l'autre à un centimètre de distance.

La figure 3 montre en maquette la réalisation de l'ensemble.

Description de l'appareil. — L'appareil réalisé de façon définitive est enfermé dans un coffret, dont les dimensions sont : 25 × 17 × 12 centimètres. Le montage lui-même est entièrement fait sur un panneau d'ébonite, qui constitue la partie supérieure du coffret (fig. 4).

Digitized by Google

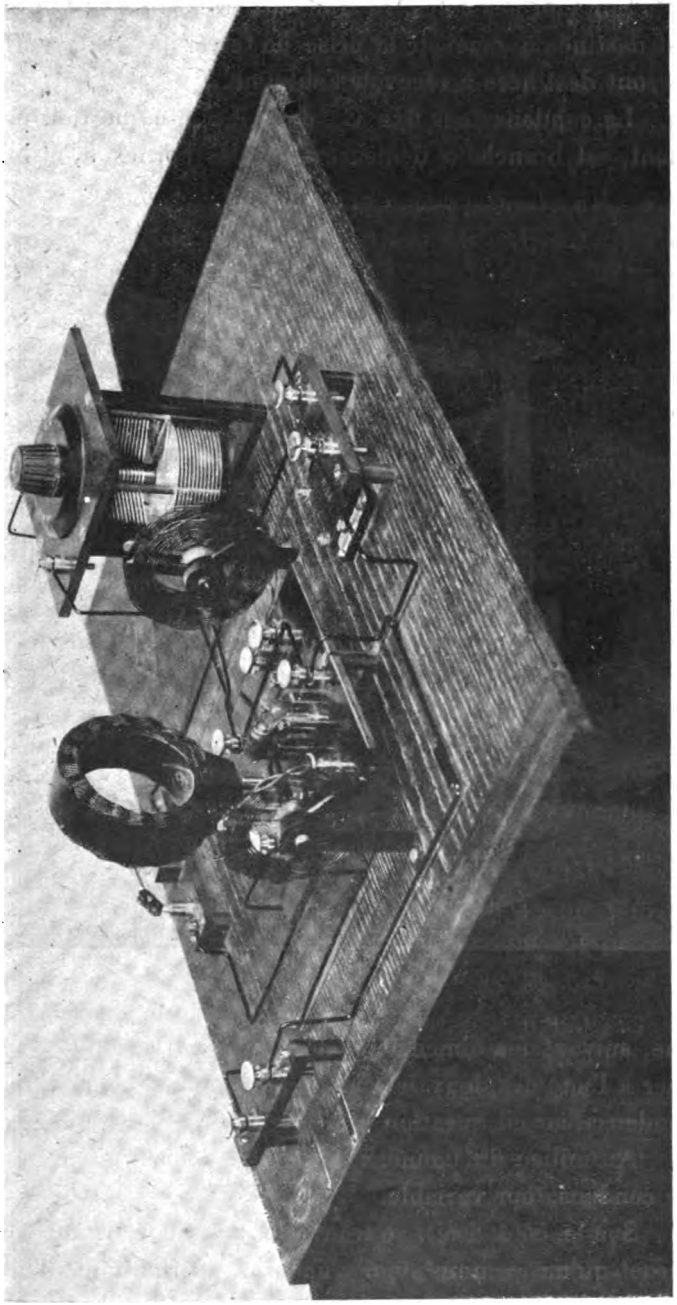


Fig. 3.

Digitized by Google

Sur l'un des côtés, se trouvent trois bornes : la première b_1 est destinée à recevoir la prise de terre ; les deux autres b_2 et b_3 sont destinées à recevoir l'antenne.

Le condensateur fixe C_1, dont il a été question précédemment, est branché à demeure entre les bornes b_2 et b_3, si bien

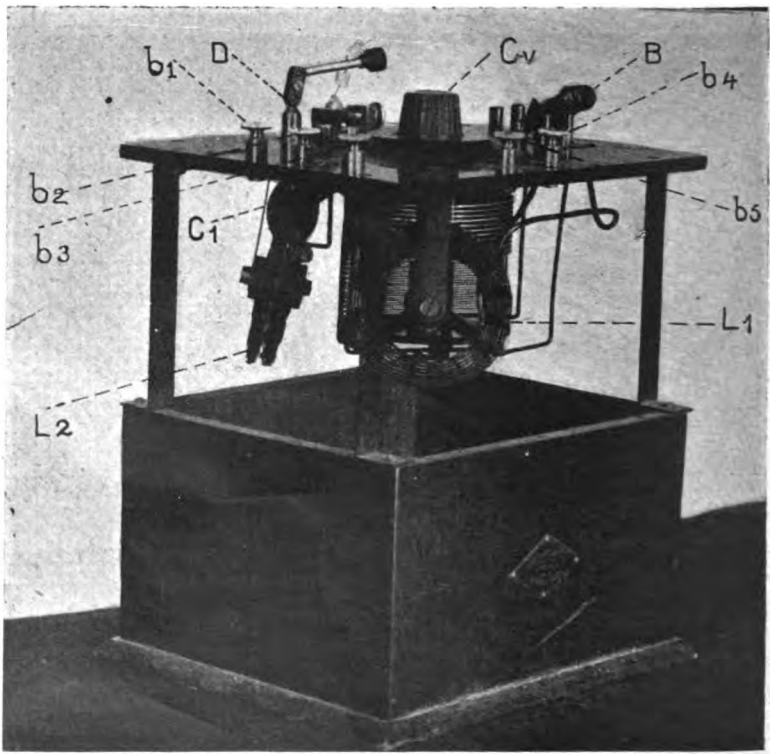


Fig. 1.

que, suivant les dimensions de l'antenne, il suffit de la brancher à l'une des deux bornes pour intercaler dans le circuit le condensateur en question.

Au milieu du panneau, se trouve le cadran de manœuvre du condensateur variable.

Sur le côté droit, se trouve le basculeur B, qui n'est autre chose qu'un commutateur bipolaire permettant d'intercaler, dans le circuit oscillant, suivant la position qu'il occupe, la self

Digitized by Google

L_1 ou la self L_2. L'utilisation de la self L_1 permet l'écoute des ondes comprises entre 250 et 400 mètres. L'utilisation de la self L_2 permet l'écoute des ondes comprises entre 350 et 600 mètres. Ces deux selfs sont disposées à angle droit, de manière à éviter les pertes d'énergie par induction de l'une sur l'autre.

Le panneau d'ébonite porte encore le détecteur D et les bornes b_4 et b_5, destinées à recevoir l'écouteur téléphonique.

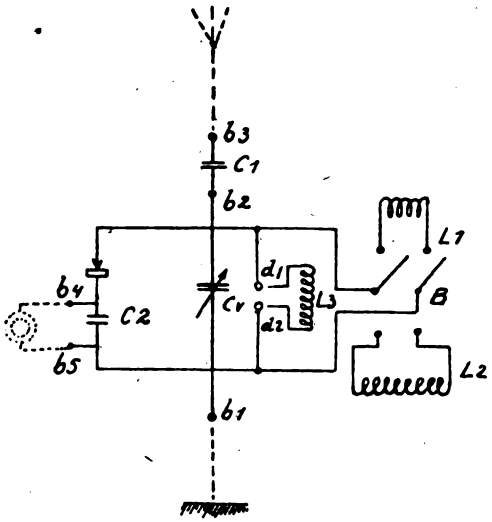


Fig. 5.

Utilisation de l'appareil. — L'utilisation de ce poste est extrêmement simple. Quand les réglages effectués sur une installation connue ont permis de déterminer s'il y a lieu ou non d'intercaler le condensateur C_1 en série sur l'antenne et d'utiliser l'une ou l'autre des selfs L_1, l'accord en vue de la réception du poste émetteur s'effectuera en manœuvrant le condensateur C_v. On sera d'ailleurs guidé dans cette manœuvre par les indications fournies par la graduation, lors des réglages précédents.

Si l'on veut utiliser ce poste sur une installation dont les caractéristiques ne sont pas encore connues, il suffit de brancher d'abord l'antenne sur la borne b_2, de manière à laisser le

Digitized by Google

petit condensateur C_2 hors circuit. Puis, intercalant d'abord dans le circuit, à l'aide du basculeur, la self L_1, il suffit de manœuvrer le condensateur variable C_v depuis zéro jusqu'à sa valeur maximum. Si l'accord n'est pas réalisé, on recommence l'opération, en mettant en circuit, par l'intermédiaire du basculeur B, la self L_2. Puis, si par ce procédé le réglage n'a pu être encore réalisé, il suffit de recommencer les deux opérations précédentes, après avoir connecté l'antenne à la borne qui met la capacité C_1 en série. Il peut donc y avoir au maximum quatre opérations différentes à effectuer, en vue d'obtenir les réglages destinés à permettre la réception d'un poste déterminé.

Connaissant ensuite la borne à laquelle doit être connectée l'antenne et la position que doit occuper le basculeur, la réception du poste émetteur peut de nouveau être effectuée en toute circonstance, par la simple manœuvre du condensateur variable, dont le rôle est alors seulement de réaliser l'accord.

Ce dispositif, utilisé à quelques dizaines de kilomètres de Paris, a permis, dans d'excellentes conditions, la réception des émissions de la station radiotéléphonique de l'École supérieure des P. T. T.. Il a permis également une réception de la station du « Petit Parisien », les deux émissions étant d'ailleurs parfaitement séparées. Utilisé à Lyon, à quelques centaines de mètres de la station irrégulière « Radio-Lyon », il a permis d'éliminer totalement ces émissions pendant la réception des émissions de la station radiotéléphonique de la Doua, située à plus de 10 kilomètres de là. Ces faits démontrent que, malgré la simplicité du montage, la sélectivité obtenue est amplement suffisante.

Modification de l'appareil pour la réception des grandes longueurs d'onde. — L'appareil, tel qu'il vient d'être décrit, permet la réception des émissions jusqu'à 600 mètres de longueur d'onde.

Son utilisation dans la région parisienne, où fonctionnent deux stations émettrices sur grandes longueurs d'onde, ne permet donc pas, sans disposition spéciale, l'écoute desdites stations.

Digitized by Google

On a été amené, pour satisfaire à ces exigences particulières, à lui apporter une légère modification, qui consiste dans la possi-

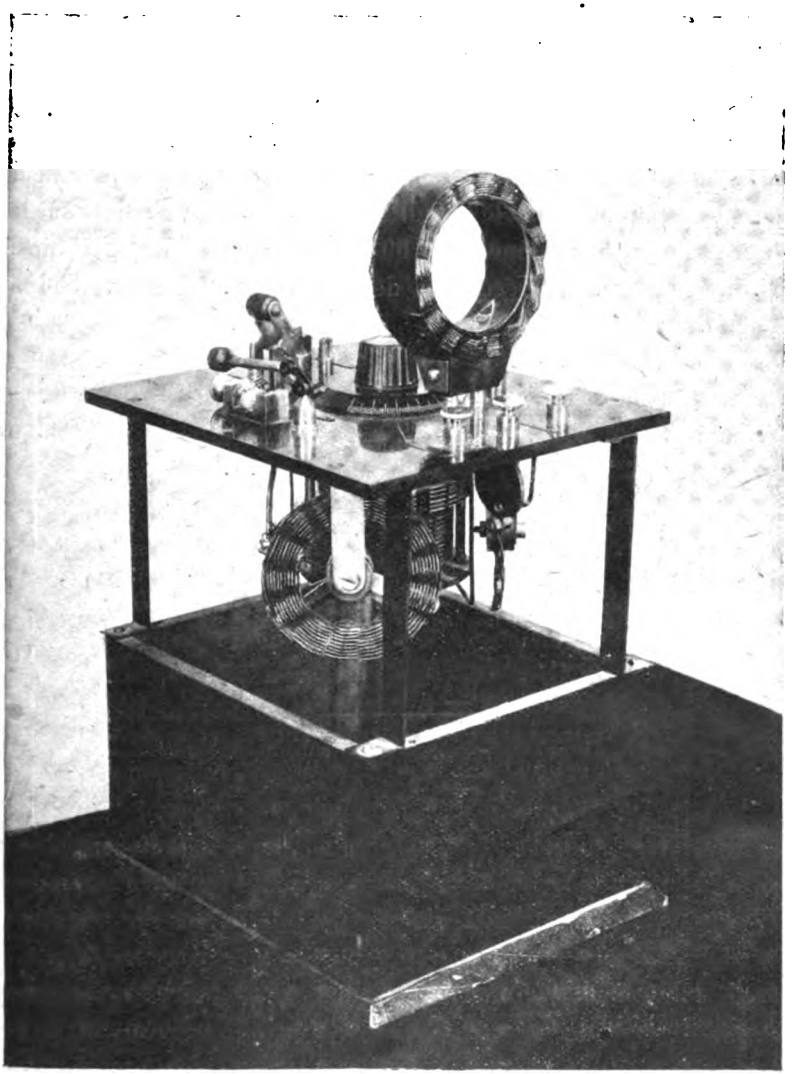


Fig. 6.

bilité d'intercaler, dans le circuit oscillant, à la place des selfs L_1 et L_2, une self de valeur appropriée.

Digitized by Google

Le schéma de la figure 5 montre de quelle manière le poste a été transformé, pour permettre, par adjonction de deux douilles d_1 et d_2, d'intercaler dans le circuit oscillant une self amovible L_3 à la place des selfs L_1 ou L_2. La figure 6 représente le poste ainsi modifié. On peut y voir en place la bobine en question.

Mais il faut remarquer qu'il est nécessaire, dans ce cas, pour mettre hors circuit les selfs L_1 et L_2, de placer le basculeur dans la position verticale (condition qui n'est pas réalisée sur la figure). Avec des bobines de 150 et 200 spires, l'appareil ainsi modifié permet la réception des ondes allant de 1.500 à 2.800 mètres.

Digitized by Google

L'APPAREIL TÉLÉGRAPHIQUE WRIGHT,

Par P. MOCQUARD,
Ingénieur des Postes et Télégraphes (1).

I. — Généralités.

L'appareil télégraphique Wright est employé par l'agence Havas pour transmettre à ses abonnés d'une même ville, journaux, banques, maisons de commerce, les informations et nouvelles politiques, les cours financiers et commerciaux.

Le récepteur Wright fonctionne automatiquement et fournit une impression sur rouleau continu. La caractéristique de cet appareil est que les courants émis par le transmetteur commandent directement toutes les fonctions du récepteur sans qu'aucun moteur ne soit nécessaire.

Principe. — Le principe de cet appareil, analogue au télégraphe Bréguet, en ce qui concerne la sélection, est le suivant : un transmetteur tournant envoie en permanence sur la ligne des courants de courte durée, alternativement positifs et négatifs, en passant à chacune des trente positions où il est susceptible de s'arrêter. L'arrêt du transmetteur s'obtient en abaissant une touche du clavier. Suivant cette touche, donc suivant la lettre qu'on envoie, le transmetteur s'arrête dans une position bien déterminée. A ce moment un courant permanent, soit positif, soit négatif, est envoyé sur la ligne.

Au récepteur, les connexions des fils de ligne sont indiquées sur la figure 1. Les courants alternativement positifs et négatifs envoyés par le transmetteur en rotation actionnent les deux électros de rotation dont les armatures polarisées produisent en oscillant la rotation de la roue des types, susceptible d'occuper trente positions correspondant à celles du trans-

(1) Article paru dans le *Journal télégraphique de Berne*, 1926, n° 2.

Digitized by Google

metteur ; mais ces courants alternés n'actionnent pas l'électro de presse dont l'armature est maintenue au repos par un fort ressort.

Si les deux appareils sont partis d'une même position, lorsque l'abaissement d'une touche provoquera l'arrêt du transmetteur, la roue des types s'arrêtera et présentera précisément

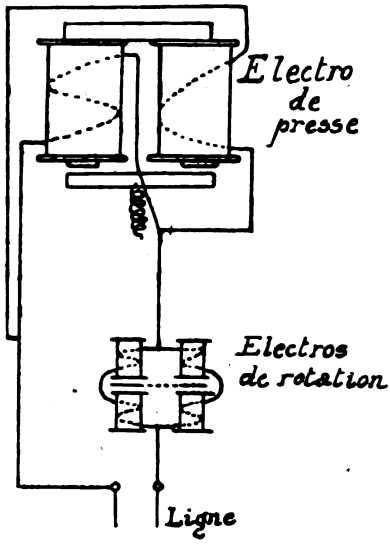


Figure 1

au papier la lettre à imprimer. Le courant devenant permanent, quel que soit son sens, l'électro de presse sera actionné et c'est lui qui provoquera l'impression et assurera l'accomplissement des diverses autres fonctions que nous étudierons par la suite.

II. — Transmetteur.

Arbre. — Le transmetteur se compose essentiellement d'un arbre sur lequel trente ergots sont distribués suivant une hélice faisant deux tours complets (fig. 2).

Une poulie entraînée par un moteur électrique à l'aide d'une courroie est montée à frottement dur à l'extrémité

Digitized by Google

gauche de cet arbre ; elle l'entraîne tant qu'aucune touche n'est abaissée.

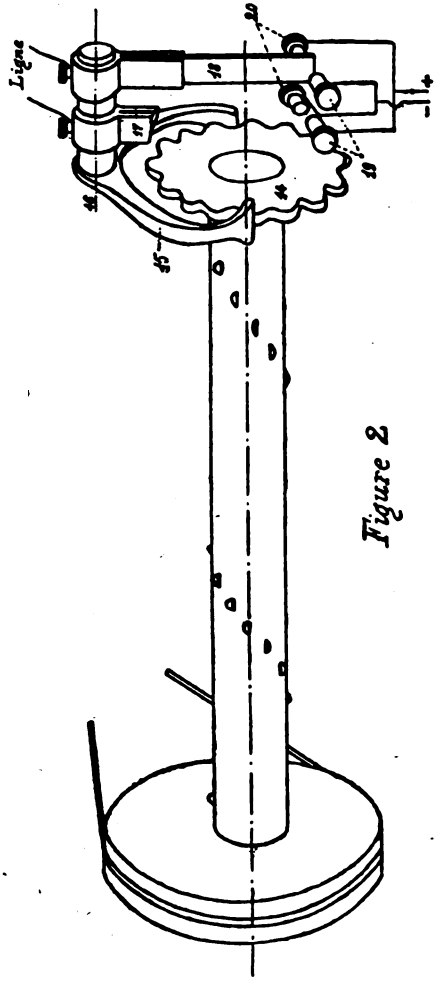


Figure 2

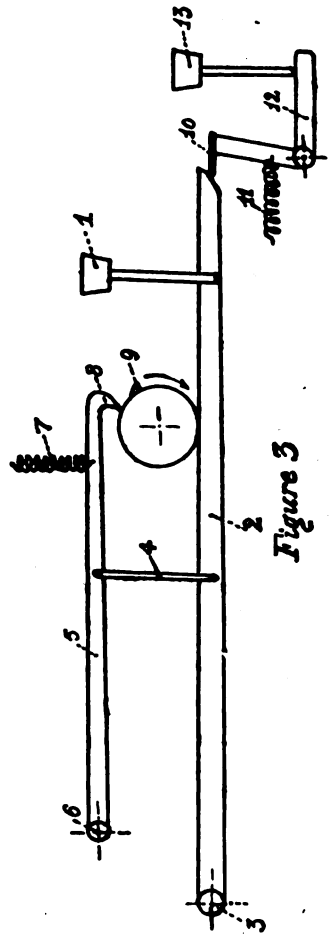


Figure 3

Mécanisme des touches. — Le mécanisme des touches est représenté par la figure 3. Quand on appuie sur une touche 1, le levier 2, articulé en 3, abaisse par la tige 4 le levier 5 articulé en 6 et rappelé vers le haut par le ressort 7. Le crochet 8 vient alors sur le chemin de l'ergot 9 ; il arrêtera donc l'arbre dans une position telle que l'ergot 9 soit sur la génératrice supérieure. Tous les crochets tels que 8 étant rangés aux points

Digitized by Google

d'intersection de cette génératrice et des circonférences décrites par les ergots correspondants, l'abaissement d'une touche arrêtera bien l'arbre dans une de ses trente positions.

Enclanchement. — Après l'abaissement de la touche l'extrémité antérieure du levier 2 vient s'engager sous la lame 10 commune à tous les leviers et rappelée vers l'arrière du transmetteur par le ressort 11. La touche restera donc abaissée et l'arbre calé jusqu'à ce qu'on appuie sur une autre touche ; la lame 10 est alors repoussée vers l'avant et permet à la première touche de remonter. L'arbre recommencera à tourner jusqu'à ce qu'il soit arrêté par la rencontre de l'ergot et du crochet correspondant à la nouvelle touche abaissée.

Dégagement de l'arbre. — Une touche spéciale 13 placée à l'avant du clavier permet de dégager une touche quelconque abaissée et provoque par suite la rotation permanente de l'arbre.

Clavier. — La figure 4 représente schématiquement l'aspect du clavier : trois rangées de 10 touches portant chacune une lettre

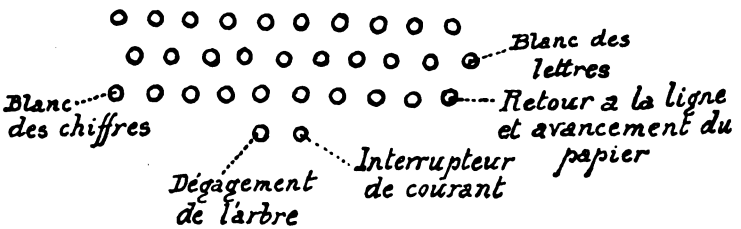


Figure 4

et un chiffre ou signe de ponctuation. A l'extrémité droite de la seconde rangée : la touche « blanc des lettres ». A l'extrémité gauche de la première : la touche « blanc des chiffres » ; à l'extrémité droite la touche « retour à la ligne et avancement du papier. »

Enfin, à l'avant deux touches spéciales : celle de gauche dont nous venons de voir le fonctionnement sert à dégager

Digitized by Google

l'arbre et lui permettre de tourner en permanence. Celle de droite est un simple interrupteur de courant ; quand on l'enfonce le courant n'est plus envoyé sur la ligne. Ces deux touches spéciales ne restent pas enclanchées.

Distributeur de courant. — Le distributeur de courant (fig. 2), monté à l'extrémité droite de l'arbre, comprend une roue 14 calée sur l'arbre et présentant 15 saillies et 15 creux. Quand cette roue tourne avec l'arbre, un étrier 15 oscille autour de l'axe 16, de telle sorte que l'extrémité d'une de ses branches soit dans un creux, l'autre sur une saillie de la roue. Pour un tour de la roue, l'étrier fera donc 30 oscillations simples.

Sur l'axe de cet étrier sont montées deux lames 17 et 18 reliées aux deux fils de ligne ; ces lames viennent en contact avec deux paires de bornes 19 et 20 auxquelles sont connectés les pôles de la batterie, de telle façon que les courants envoyés sur la ligne soient de sens opposés pour les deux positions possibles des lames.

Tant que l'arbre tournera, le transmetteur enverra donc sur la ligne des courants alternativement positifs et négatifs. Quand l'arbre s'arrêtera, le courant sera permanent positif ou négatif selon la position de l'étrier.

Nous allons maintenant étudier le fonctionnement de l'appareil récepteur en examinant successivement comment sont remplies les différentes fonctions qu'il doit assurer.

III. — Impression d'une lettre quelconque.

a) Sélection. — Les courants alternés venant de la ligne traversent, comme nous l'avons vu, les deux électros de rotation et l'électro de presse dont l'armature reste au repos.

Électros de rotation (fig. 5). — Les électros de rotation 21 sont placés horizontalement dans le socle de l'appareil. Deux armatures verticales 22, solidaires du même axe et polarisées oscillent de *a* en *b* sous l'action des courants alternés. Sur ces armatures sont montées deux lames horizontales 23 supportant les axes 25 des deux cliquets 24 à talons 26. Deux ressorts 27

Digitized by Google

appliquent les dents des cliquets contre la roue à rochet 28, présentant 30 dents. Les oscillations des armatures, entraînant les cliquets vont donc faire tourner la roue à rochet, la rotation étant limitée à une dent du rochet pour une oscillation par le talon des cliquets. Par suite, la roue à rochet va suivre le mouvement du transmetteur et s'arrêter en même temps que lui.

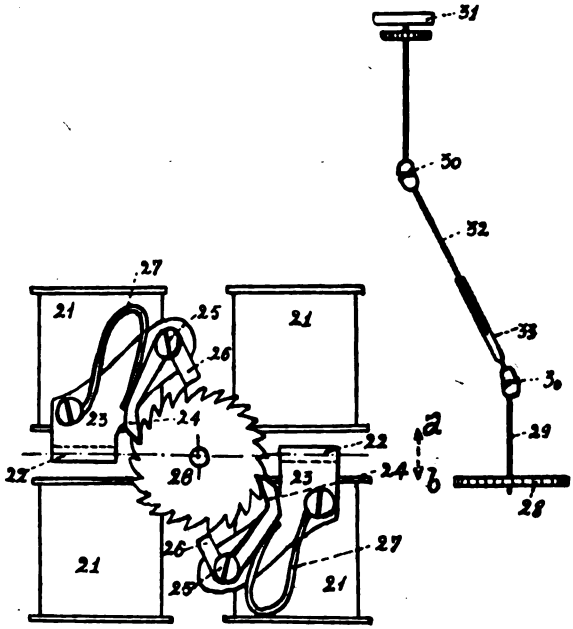


Figure 5

Transmission du mouvement de rotation à la roue des types. — Le mouvement du rochet 28 est transmis par l'axe 29 et deux joints à la cardan 30 à la roue des types 31 qui s'arrêtera elle aussi à la même position que le transmetteur, en supposant les appareils orientés.

Les deux joints à la cardan 30 sont réunis par une tige 32 pouvant glisser mais non tourner dans un manchon 33. Ainsi la roue des types tournera avec le rochet 28 tout en suivant le mouvement transversal du chariot qui la supporte.

Chariot. — Nous allons maintenant décrire ce chariot (fig. 6).

Digitized by Google

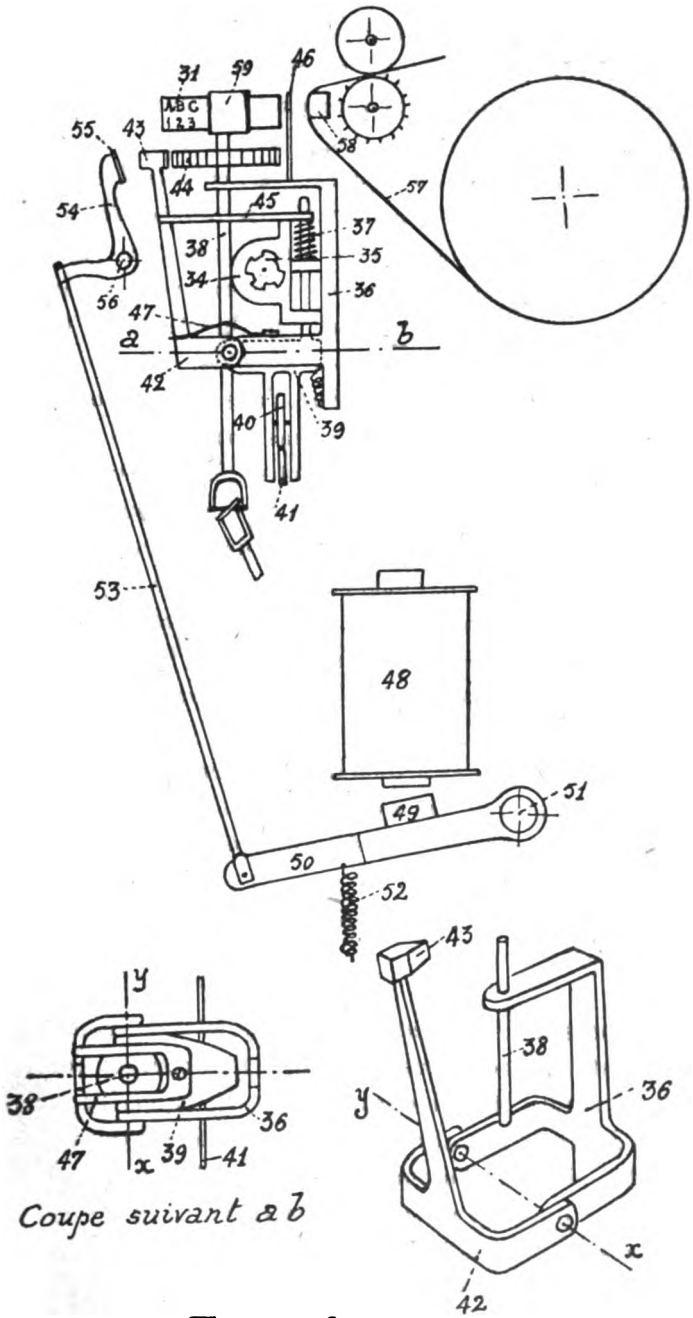


Figure 6

Digitized by Google

Le chariot comprend un écrou 34 constitué par deux coussinets solidaires l'un de l'autre montés sur une vis à 4 filets 35 dont le mouvement de rotation assure le déplacement transversal du chariot.

Sur cet écrou peut se déplacer verticalement une pièce 36 rappelée vers le bas par le ressort 37. Cette pièce 36, à sa partie supérieure, sert de guide à l'axe de la roue des types 38. A sa partie inférieure elle se termine par deux bras pivotant autour de l'axe horizontal $x\ y$. Sur cet axe pivote aussi le chariot proprement dit 39 portant la roue 40 qui roule sur le rail 41.

Correction et calage. — Sur l'axe $x\ y$ pivote enfin la fourche 42 se prolongeant par un bras terminé par une dent 43 qui, au moment de l'impression, vient se placer entre deux dents de la roue dentée correctrice 44 solidaire de la roue des types.

Ainsi tout déplacement de la roue des types est corrigé et elle est calée de façon fixe pendant l'impression.

La pièce 45, en forme de V, fixée sur l'écrou 34 sert à guider la tige 42 pendant son déplacement.

Une fenêtre 46 empêche les lettres voisines de celle à imprimer de tacher le papier.

Roue des types. — La roue des types présente deux rangées de caractères gravés sur sa jante en caoutchouc. La rangée supérieure comprend les lettres ; la rangée inférieure les chiffres et signes de ponctuation.

Au repos le ressort lame 47 écarte la dent 43 de la roue correctrice 44.

b) Impression. — *Électro de presse.* — Au moment où la sélection est terminée, nous avons vu qu'un courant permanent, positif ou négatif, traverse les électros de l'appareil récepteur. L'électro de presse 48 attire alors son armature 49 fixée sur une fourche 50, pivotant autour d'un axe fixe 51 et rappelée vers le bas par un puissant ressort de presse 52.

Impression. — La tige 53 fait alors tourner vers la droite la pièce 54 pivotant autour de l'axe fixe 56 et portant à sa partie supérieure la barre de frappe 55.

Digitized by Google

La dent 43 vient caler la roue correctrice et l'ensemble roue correctrice et roue des types pivote autour de l'axe $x\ y$. La roue des types frappe le papier 57 et le caractère en caoutchouc appuie le papier sur la barre d'impression fixe 58 en acier.

Encrage. — L'encrage se fait par la molette 59 garnie de feutre imbibé d'encre qui s'appuie sur la jante de la roue des types.

IV. — Espacement des lettres.

Après l'impression, il faut faire avancer le chariot de l'espace nécessaire pour séparer deux lettres. C'est le rappel de l'armature de l'électro de presse qui va produire ce mouvement.

Au préalable, il nous faut examiner les organes fixés sur la platine de gauche de l'appareil.

Cliquets et pignons fixés sur la platine de gauche (fig. 7). — Nous avons vu que l'avancement du chariot est commandé par la rotation de la vis à quatre filets 35. Sur cette vis, à gauche, est calé un pignon 62 engrenant avec une roue dentée 63 portant un doigt 66, laquelle est fixée sur le canon 64 d'une roue à rochet 65. Ces deux roues 63 et 65 sont solidaires l'une de l'autre et d'un tambour 67, dans lequel est logé un ressort tendant à les faire tourner dans le sens de la flèche, ce qui ramènerait le chariot de droite à gauche. Ce ressort est fixé sur l'axe des roues 63 et 65 et sa tension est réglable par un bouton moleté.

A l'extrémité du bras droit 68 de la fourche 50 solidaire de l'armature de l'électro de presse se trouve un axe 69 sur lequel est monté un cliquet 70 que le ressort 71 maintient en contact avec la roue à rochet 65. L'attraction de l'armature de l'électro de presse, en même temps qu'elle produit l'impression, fait donc monter le cliquet 70 d'une dent le long du rochet 65. Ce dernier est en effet verrouillé par un second cliquet 72, fixé sur la platine, qui porte à une extrémité un crochet s'engageant dans les dents du rochet 65 et dont l'autre extrémité repose sur un doigt 73 fixé sur la tige d'avancement du papier 74. De plus sur ce

Digitized by Google

cliquet 72 est vissée une goupille 75 qui appuie sur la tête d'un levier 76 fixé sur la platine et poussé vers la droite par un ressort s'appuyant sur une borne 77.

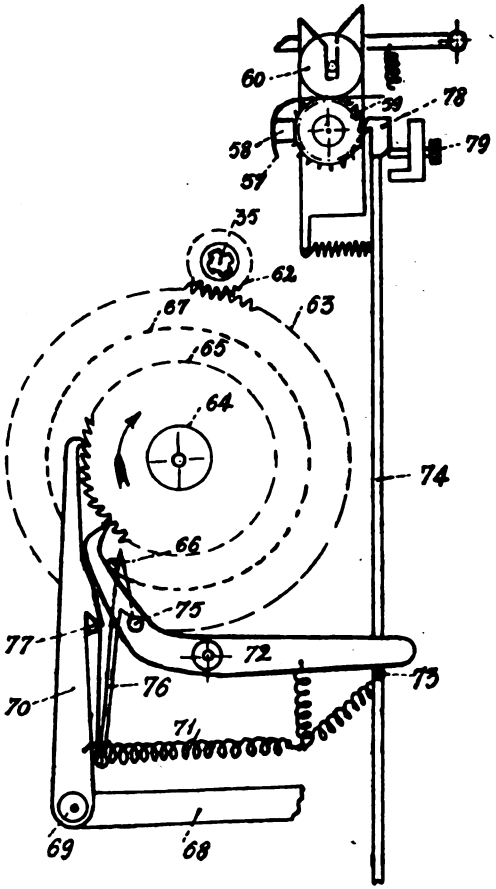


Figure 7

Avancement du chariot. — Quand le transmetteur appuiera sur une autre touche, la première sera dégagée et, l'arbre recommençant à tourner, l'électro de presse lâchera son armature. Le bras 68 en retombant entraîne le cliquet 70 qui fait tourner d'une dent le rochet 65, ainsi que le pignon 63 qui en est solidaire ; celui-ci à son tour fait tourner le pignon 62, donc la

Digitized by Google

vis 35 qui fait avancer le chariot d'un espace suffisant pour le bon écartement des lettres.

La borne 77 se termine à son extrémité libre par un verrou triangulaire sur lequel s'engage un crochet du cliquet 70 pour l'empêcher de descendre de plus d'une dent sous l'action du ressort de presse.

V. — Rappel a la ligne et avancement du papier.

Lorsqu'au transmetteur on appuie sur la dernière touche de droite de la première rangée, touche de « rappel à la ligne et avancement du papier », l'appareil étant orienté, on provoque, comme nous le verrons plus loin, la montée de la tige 74 supportant le doigt 73.

Retour du chariot (fig. 7). — Ce doigt fera pivoter le levier 72 autour de son axe ; la goupille 75 s'accrochera au levier 76 et la partie gauche du levier 72 en s'abaissant dégagera la roue à rochet 65, en poussant en même temps le cliquet d'avancement 70. La roue 65 n'étant plus retenue tournera dans le sens de la flèche sous l'action du ressort logé dans le tambour 67 et ramènera le chariot à son point de départ. A ce moment la goupille 66, portée par la roue dentée 63, vient frapper par la droite la tête du cliquet ressort 76, amortissant ainsi le retour du chariot.

Ce choc pousse vers la gauche le levier ressort 76 et dégage la goupille 75 du levier 72. Ce dernier vient à nouveau en prise avec la roue à rochet 65, ainsi que le cliquet 70. On pourra alors commencer une nouvelle ligne.

Avancement du papier. — Il a fallu en même temps faire avancer le papier. La tige 74 porte en haut un cliquet 78 qui attaque directement une roue à rochet 59 calée sur l'axe d'avancement du papier. La tige en montant soulève d'une dent le cliquet et en redescendant ce cliquet entraîne la roue 59 et par suite le papier serré par deux molettes à jante de caoutchouc 60 sur deux molettes à picots calées sur l'axe d'avancement du

Digitized by Google

papier. Une vis 79 vissée dans une équerre fixée sur la platine empêche le cliquet 78 de descendre de plus d'une dent du rochet 59.

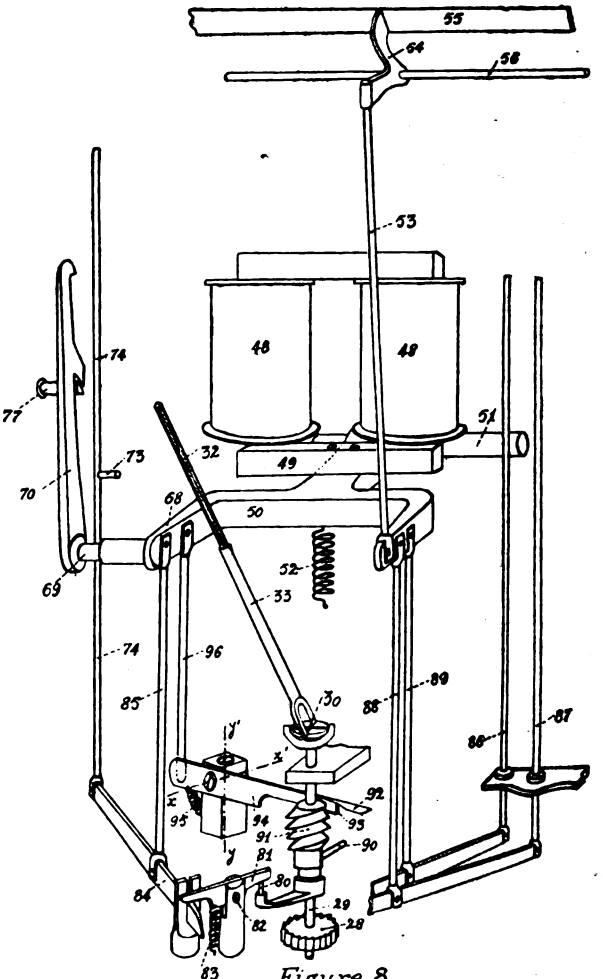


Figure 8

Ascension de la tige d'avancement du papier. — Il nous reste maintenant à examiner comment, quand on appuie sur la touche « de rappel à la ligne et avancement du papier » se produit le mouvement d'ascension de la tige 74 (fig. 8).

Sur l'axe 29 de la roue à rochet 28 commandant le mouve-

Digitized by Google

ment de rotation de la roue des types est calée une goupille verticale 80 montée sur un support horizontal.

Pendant la sélection, la tête de cette goupille va décrire une fraction de cercle autour de l'axe.

Lorsqu'on appuie sur la touche de « rappel à la ligne », les appareils étant orientés, cette goupille s'arrête sous l'extrémité d'un levier 81 pivotant autour de l'axe 82 et dont un ressort 83 appuie l'autre extrémité sur le levier 84. Sur ce levier 84 sont articulées deux tiges verticales : l'une 85 le relie à la fourche solidaire de l'armature de l'électro de presse ; l'autre 74 est précisément la tige d'avancement du papier dont on doit provoquer l'ascension.

La sélection étant terminée, l'électro de presse fonctionne et son armature tire vers le haut la tige 85. L'extrémité antérieure du levier 84 étant maintenue fixe par le levier 81, que la goupille 80 empêche de pivoter, c'est l'extrémité postérieure qui va se soulever, faisant ainsi monter la tige 74.

Nous avons vu comment l'ascension de cette tige provoque e retour du chariot à la ligne. Lorsque l'électro de presse relâchera son armature, la tige 74 descendra, provoquant l'avancement du papier.

Deux autres leviers analogues à 81 sont disposés sur la course de la goupille 80. Ils provoqueront de même, lorsque la goupille s'arrêtera sous eux, l'ascension des tiges 86 et 87 analogues à 74, les tiges 88 et 89 étant fixées comme 85 à la fourche 50.

Nous verrons plus loin que l'ascension de ces tiges correspond à l'envoi des signaux : « blancs des lettres » et « blanc des chiffres ».

En dehors de ces trois positions, puisqu'il y en a trente au total, la goupille 80 peut s'arrêter dans vingt-sept autres positions où elle ne sera sous aucun levier.

L'attraction de l'électro de presse soulèvera alors les extrémités antérieures des leviers analogues à 84, les leviers 81 pivotant librement autour de leur axe.

Digitized by Google

VI. — Rappel au zéro.

Avant d'étudier comment se fait l'orientation du transmetteur et du récepteur, il est nécessaire d'examiner les autres organes se trouvant sur l'axe du rochet 28 (figure 8).

Organes portés par l'axe du rochet. — Au-dessus du support de la goupille 80 est calée une autre goupille horizontale 90. Au-dessus encore l'axe porte une vis dont le filet fait trois tours. Dans ce filet s'engage l'extrémité antérieure en forme de couteau horizontal 92 d'une lame 94 montée de telle sorte qu'elle puisse pivoter autour de deux axes, l'un horizontal xx', l'autre vertical yy'. Un ressort 95 tend à ramener l'extrémité en forme de couteau en haut et contre la vis.

Pendant la sélection d'une lettre, le couteau va suivre le filet de vis et descendre le long de celui-ci. Mais comme deux lettres successives ne sont séparées au maximum que d'un tour du transmetteur, donc de l'axe du rochet 28, ce couteau n'aura pas le temps d'atteindre l'extrémité inférieure du filet de vis.

L'électro de presse fonctionnant, la barre 96 solidaire de la fourche 50 monte et pousse vers l'avant l'extrémité postérieure du levier 94. Le couteau est ainsi dégagé du filet de vis et son ressort 95 le ramène vers le haut. Le même fonctionnement se reproduit à chaque impression.

Orientation du récepteur. — Si nous voulons maintenant arrêter l'appareil récepteur dans une position déterminée, il suffit d'appuyer sur la touche spéciale de gauche, dont nous avons vu le fonctionnement en étudiant le transmetteur ; elle dégage l'arbre et lui permet de tourner en permanence. Le couteau va donc descendre le long du filet de vis et, l'électro de presse ne fonctionnant plus, au bout de trois tours il aura atteint l'extrémité de ce filet. A ce moment, le talon du couteau 93 se trouvera sur le chemin de la goupille 90 et l'arrêtera quand elle se présentera. Or, cette position d'arrêt est précisément celle qui place la tête de la goupille 80 sous le levier 81. L'appareil récep-

Digitized by Google

teur est donc calé dans la position correspondant au signal : « rappel à la ligne, avancement du papier. »

Orientation du transmetteur. — Pour orienter le transmetteur qui continue à tourner il suffit d'appuyer sur la touche : « rappel à la ligne, avancement du papier. »

Les deux appareils sont alors arrêtés dans la même position et la transmission pourra commencer.

VII. — Blanc des lettres et blanc des chiffres.

Nous avons vu que les lettres sont gravées sur la moitié supérieure de la jante de la roue des types, les chiffres et signes de ponctuation sur la moitié inférieure. Pour imprimer des chiffres il faut donc soulever la roue des types ; d'où la nécessité de ce mouvement vertical que nous avons signalé dans la description du chariot, mouvement de l'ensemble : roue des types, roue correctrice, chariot proprement dit, par rapport à l'écrou monté sur la vis à quatre filets dont la rotation produit l'avancement du chariot. Nous avons vu que le chariot proprement dit roule sur un rail ; c'est ce rail qui va se déplacer verticalement pour permettre l'impression des lettres ou des chiffres.

Ascension du rail. — Supposons que, transmettant des lettres, nous voulions transmettre des chiffres. Nous appuyons alors sur la touche de gauche de la première rangée : touche « blanc des chiffres ». La sélection s'opère et la goupille 80 (figure 8) s'arrête sous un levier analogue à 81, de telle façon que l'attraction de l'électro de presse produise, comme nous l'avons vu, l'ascension de la tige 86.

Cette tige soulève le rail 41 (figure 9) qui écarte la pièce 97 et vient s'accrocher sur la dent supérieure de cette pièce, grâce au ressort 98. Le rail étant soulevé, l'ensemble : chariot proprement dit, roue des types, roue correctrice est soulevé et l'appareil imprimera des chiffres.

Descente du rail. — Si nous voulons de nouveau trans-

Digitized by Google

mettre des lettres, nous appuierons sur la touche de droite de la seconde rangée : touche « blanc des lettres ». Cette fois, par un mécanisme analogue, ce sera la tige 87 qui sera soulevée.

L'ascension de cette tige poussera vers la gauche le bras inférieur de la pièce 97, dont le bras supérieur s'effaçant vers la

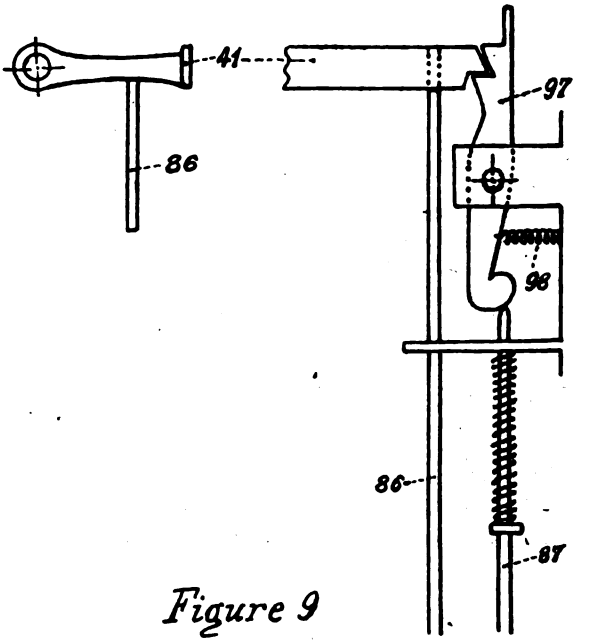


Figure 9

droite laissera retomber le rail de la dent supérieure à la dent inférieure. La roue des types sera abaissée et l'appareil imprimera des lettres.

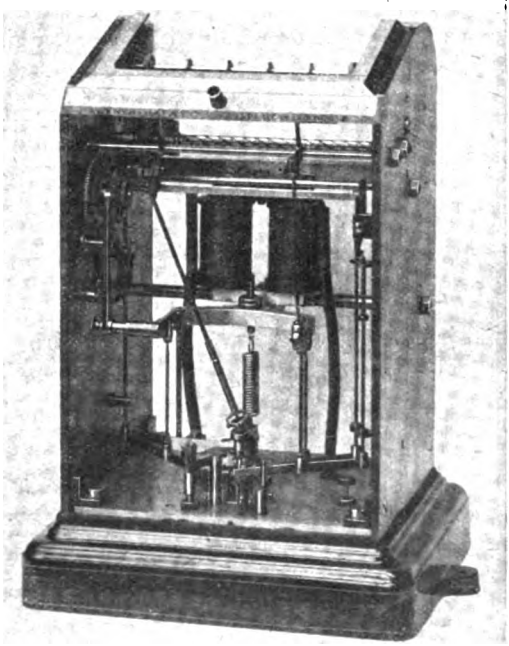
VIII. —Impressions successives du même caractère.

Comme, dans l'appareil transmetteur, c'est l'abaissement d'une nouvelle touche qui libère une touche déjà enfoncée, pour imprimer deux fois de suite la même lettre il faudrait libérer l'arbre en appuyant sur la touche spéciale de gauche et réappuyer sur la touche de la lettre à retransmettre. L'arbre du transmetteur et la roue des types feraient ainsi un tour complet.

Digitized by Google

Pour éviter cette perte de temps, il suffit d'appuyer sur la touche spéciale de droite qui coupe le courant envoyé sur la ligne, comme nous l'avons vu en étudiant le transmetteur.

Supposons en effet que nous venions d'imprimer une lettre. La touche est resté enclanchée, l'électro de presse attiré. Si nous



coupons le courant, la touche restant enclanchée, l'arbre ne tourne pas ; l'électro de presse relâche son armature, provoquant ainsi l'avancement du chariot. La touche spéciale ne restant pas enclanchée, dès que nous n'appuyons plus, le courant est rétabli ; l'électro de presse fonctionne de nouveau réimprimant la même lettre, puisque l'arbre du transmetteur n'a pas tourné.

On ne peut répéter cette manœuvre que quelques fois, car,

Digitized by Google

la roue des types ne tournant plus, l'encrage du caractère ne l'effectue plus et l'impression devient peu nette.

IX. — Conditions d'exploitation. Vitesse de transmission.

Le télégraphe Wright fonctionne en utilisant une tension continue de 110 volts.

Lorsqu'un seul appareil récepteur est sur la ligne, comme c'est le cas pour les informations passées aux grands journaux, on atteint facilement la vitesse de transmission de 35 mots à la minute. La consommation en courant est alors d'environ : 150^{mA}.

Lorsqu'on a plusieurs appareils récepteurs sur la même ligne, comme c'est le cas pour la transmission des cours de bourse aux établissements financiers, la self des électros intervient pour réduire la vitesse de transmission. Pour 10 récepteurs embrochés sur la même ligne, on ne peut guère dépasser la vitesse de 14 mots à la minute. La consommation est alors d'environ : 440^{mA}.

Un dispositif de relais, alimentant l'électro de presse en local, permet de mettre jusqu'à 24 appareils sur la même ligne. Un distributeur spécial, toujours basé sur le même principe, permet aussi de transmettre simultanément la même dépêche sur plusieurs lignes ; dans ce cas, il est nécessaire d'équilibrer les lignes au moyen de rhéostats et bobines de self.

Le système dont nous avons décrit le fonctionnement est celui employé par l'agence Havas. C'est le dispositif primitif de Wright pourvu des nombreux perfectionnements qui lui ont été apportés par M. Nigron, directeur du service télégraphique de cette agence, que nous devons remercier de son obligeance à nous documenter et à nous faciliter la prise des croquis et photos reproduits dans cet article.

Digitized by Google

ÉTUDE SUR L'ÉTABLISSEMENT DES CANALISATIONS TÉLÉPHONIQUES MULTIPLES DANS PARIS.

Par J. MAILLEY,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

L'établissement des canalisations téléphoniques multiples dans Paris a rencontré l'année dernière des objections de principe de la part des Services techniques de la ville de Paris. La présente étude est un rapport présenté à la ville de Paris sur les conditions d'établissement de ce mode de canalisation. L'examen de cette question a été repris récemment et à la suite d'une conférence en date du 5 janvier 1926, présidée par M. Ader, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur du cabinet du ministre du commerce, de l'Industrie et des Postes et Télégraphes, M. Giraud, directeur général des travaux de Paris, a bien voulu rapporter la mesure d'interdiction de ce mode de canalisation, sous réserve de modalités d'exécution et de coordination avec les travaux de la ville.

CHAPITRE I.

EXPOSÉ DE LA QUESTION. NÉCESSITÉ DE L'EMPLOI DE CANALISATIONS MULTIPLES DANS PARIS.

Le réseau téléphonique de Paris, qui comptait en 1914, dans la région à l'intérieur des fortifications, environ 60.000 abonnés, compte actuellement environ 130.000 abonnés principaux. La vitesse d'accroissement est à l'heure actuelle supérieure à 10 %, ce qui conduit à prévoir un doublement du nombre des abonnés pour 1933. Ainsi que viennent de le montrer MM. Aguillon et Valensi, ingénieurs en chef des Postes et Télégraphes, dans une étude parue dans les *Annales des P. T. T.* d'octobre 1925, ce développement nécessitera la pose, dans Paris, de 331.000 kilomètres de circuits nouveaux (tant en lignes d'abonnés qu'en lignes auxiliaires, sans compter les lignes interurbaines).

Digitized by Google

L'extension du réseau dans les égouts se trouve à l'heure actuelle *très limitée par suite de l'encombrement* de ceux-ci, arrivés presque à saturation. La pose des gros câbles dans les égouts présente en plus de graves inconvénients techniques (voir ANNEXE 1).

Il y a lieu de renforcer le réseau posé en égout par un réseau posé dans des travaux propres à l'administration et constituant plus spécialement un réseau d'artères de gros câbles, les égouts conservant les câbles actuellement posés et servant *plus spécialement* de trajets aux petits câbles pour la distribution chez les abonnés, eu égard à des conditions techniques particulières et aux facilités de raccordement aux immeubles par les branchements d'égout.

Les galeries téléphoniques sont indiquées pour les *artères très importantes*, généralement de jonction entre centraux téléphoniques.

Pour de très grosses artères de câble, le prix élevé de la galerie (3.000 francs le mètre, environ, pour la galerie 1,50/2,10, tous frais compris) n'est nullement prohibitif.

Pour des artères de moyenne importance, il n'en est plus de même. Outre que la galerie se trouverait tout à fait disproportionnée en capacité à l'importance des câbles contenus, son prix très élevé grèverait le prix des câbles d'une charge prohibitive, qui conduirait à élever très notablement, en particulier, le prix de revient des lignes d'abonnés. Si l'on n'admettait que la construction exclusive de la galerie dans Paris, on arriverait à une véritable contradiction, en bloquant en quelque sorte l'extension du réseau en voulant lui donner trop de facilités d'extension.

En résumé, trois systèmes de canalisation doivent être concurremment employés, à Paris, pour assurer le développement rationnel du réseau téléphonique :

a) *la galerie téléphonique* très chère, mais indispensable pour les très grosses artères de gros câble ;

b) *la canalisation multiple* dix fois moins chère que la galerie pour des capacités moitié de celles de la galerie, pour des artères de gros câble de capacité moyenne ;

Digitized by Google

c) *l'égout*, pour la distribution vers les abonnés,

(Voir à l'ANNEXE I, les avantages et inconvénients des trois systèmes.)

La construction des canalisations multiples, quoique entreprise avant la guerre, a soulevé récemment des difficultés de principe auprès des services de la ville de Paris. La construction de canalisations multiples dans Paris est une *question vitale* pour l'extension du réseau téléphonique. Nous allons exposer le principe de ces canalisations, préciser les modes de construction, répondre aux objections présentées contre le système, exposer un système modifié pour ces canalisations.

CHAPITRE II.

PRINCIPE ET CONSTRUCTION DES CANALISATIONS TÉLÉPHONIQUES MULTIPLES.

Histoire et principe du système. — L'emploi des canalisations téléphoniques multiples est très généralisé à l'étranger. Son emploi en France date de plusieurs années, et, à Paris, l'avenue Montaigne, la rue d'Artois, la rue Marcadet, la rue Henri Heine, la rue Jasmin ont des canalisations multiples sous trottoir construites avant la guerre. Une canalisation de très petite capacité vient d'être posée avenue Jean-Jaurès.

Ces canalisations sont essentiellement constituées soit par des tubes de grès enrobés dans le béton (anciennement), soit par des dalles de béton percées de trous (fig. 1 et 2) (actuellement). On constitue ainsi des blocs de tuyaux continus de 150 mètres de long, séparés par des chambres de tirage et de raccordement. Pour placer un câble téléphonique dans une canalisation de ce système, on peut, soit pousser dans les tuyaux une aiguille métallique rigide de 150 mètres formée d'éléments vissés, qui permettra de passer dans les trous le câble tracteur en acier servant à tirer le câble téléphonique, soit utiliser des fils de bronze laissés au moment de la construction pour tirer le câble d'acier. Une fois le câble tracteur mis en place, on y amarre par un « grip » le câble téléphonique, et l'on tire soit au treuil à main

Digitized by Google

soit au treuil à moteur. Le système permet donc de placer dans le sous-sol un câble *sans avoir à ouvrir de fouille*, en évitant ainsi des frais de réfection onéreux et la gêne de circulation. On peut tout aussi facilement remplacer un câble défectueux, changer un câble contre un autre, etc...

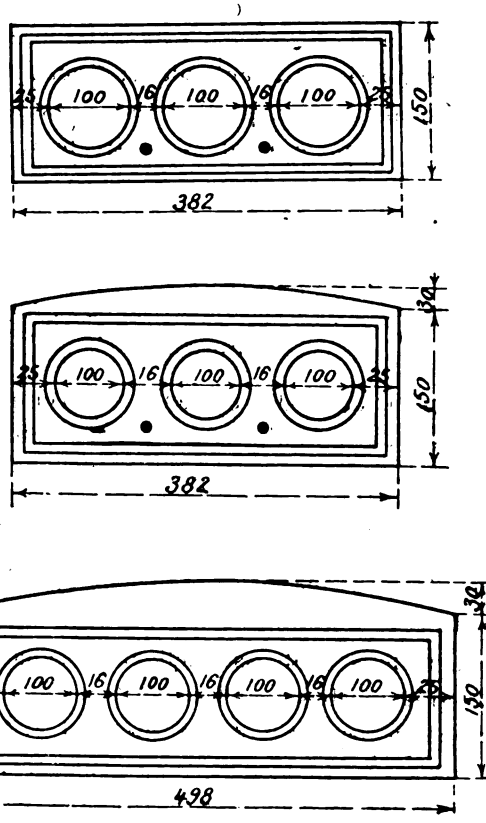


Fig. 1. — Dalles pour conduites multiples avec trous de 100mm.

Construction des canalisations multiples. — Les dalles employées actuellement, en béton aggloméré, ont la forme indiquée par les figures 1 et 2. Des essais d'écrasement, effectués au laboratoire des Ponts et Chaussées, montrent que la résistance d'écrasement des produits varie de 300 à 500 tonnes par mètre carré. La pose de ces dalles s'effectue sur un radier de béton,

Digitized by Google

armé ou non. La pose des dalles, pour être bien faite, exige des soins particuliers. L'ensemble des dalles peut, en plus, être enrobé dans une chape protectrice de béton. Si besoin est, le radier et l'enrobement des dalles peuvent être armés. On arrive ainsi à constituer de véritables *poutres creuses en béton armé contenant les dalles*, dont la résistance peut être aussi considérable qu'on le désire. Ainsi, dans l'artère Saint-Dennis en con-

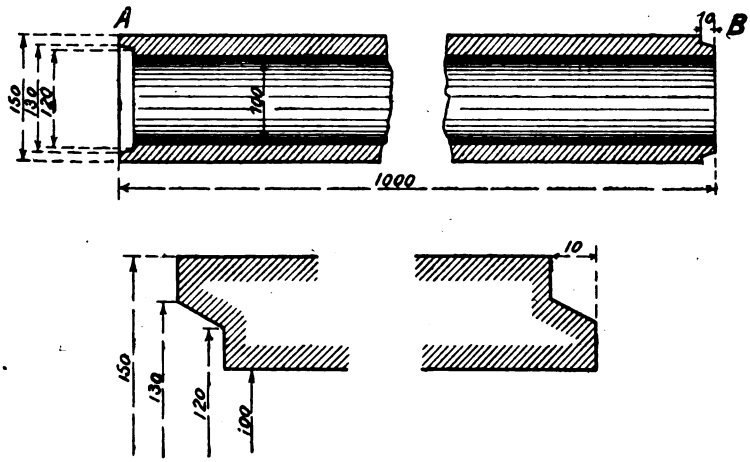


Fig. 2. — Dalles pour conduites multiples avec trous de 100mm : coupe longitudinale de la conduite et détail des points A et B.

struction, la canalisation à 24 trous franchit perpendiculairement et au-dessus les canalisations de gaz de 1.000 de sortie de l'usine à gaz du Landy. L'armature de la canalisation a été calculée pour permettre la mise éventuelle de la canalisation en portée libre sur une longueur maximum de cinq mètres, de manière à permettre l'ouverture de fouilles sous la canalisation téléphonique pour permettre la réparation des conduites existantes et la pose de conduites nouvelles. Étant donné la nature du terrain, cette disposition a été reconnue, par la Société du gaz de Paris, préférable à la construction d'une galerie souterraine.

Sous chaussée, le radier est généralement armé et les dalles enrobées.

Il y a lieu de prévoir des renforcements spéciaux si des tassements de terrain sont à prévoir.

Digitized by Google

La possibilité de *modification du mode d'empilage des dalles* d'une section à l'autre donne beaucoup de souplesse au système et permet le franchissement plus facile de certains obstacles.

En somme, une grosse artère téléphonique en dalles multiples n'apparaît pas comme plus gênante dans le sous-sol qu'une canalisation de gaz ou d'eau et apparaît même à certains égards comme plus souple.

Chapitre III.

Réponses aux objections présentées contre le système.

Par lettre en date du 21 janvier 1925, le préfet de la Seine a avisé l'administration que le système avait fait l'objet d'un examen attentif au conseil des ingénieurs et qu'il ne lui était pas possible d'admettre l'exécution de ce mode de canalisation dans Paris.

Les raisons qui ont motivé l'interdiction du système sont exposées ainsi qu'il suit dans la lettre du préfet de la Seine du 21 janvier 1925 :

« Malgré tout le désir de nos services de faciliter la tâche de votre administration, il n'a pas paru possible d'admettre l'exécution dans Paris de caniveaux à câbles multiples, et ceci pour les raisons suivantes :

« Le caniveau *n'est pas, en lui-même, plus gênant qu'une « galerie*; mais, dans ce système, le tirage des câbles sans « ouverture de fouille ne peut se faire que si le tracé du cani- « veau est rectiligne en alignement et en profil. Il en résulte « une impossibilité absolue, dans l'avenir, de dévier un petit « tronçon de caniveau pour contourner l'emplacement d'un égout « ou d'une canalisation à établir dans le sous-sol. La pose de « caniveaux créerait ainsi, dans le sous-sol, des obstacles « infranchissables pratiquement par les canalisations de toute « sorte qui encombrent nécessairement le sous-sol et dont le « nombre ne pourra que se multiplier. Cet inconvénient aurait « pu s'atténuer en plaçant le caniveau à grande profondeur, « mais cette solution, impossible à réaliser d'ailleurs avenue

Digitized by Google

« Jean-Jaurès, enlèverait à ce mode de pose tout avantage sur « le type de galerie.

« Dans ces conditions, je me vois dans l'obligation de vous « demander de vouloir bien modifier votre projet. .... »

Nous allons répondre brièvement aux arguments invoqués dans cette lettre.

a) La construction de nos canalisations multiples s'effectue, en effet, généralement en tracé rectiligne, alignement et en profil. Si l'administration impose cette condition à ses entrepreneurs, c'est parce que cette règle permet une construction simple et une facile vérification de la construction. La construction rectiligne permet, d'autre part, l'emploi de mandrins de guidage, qui facilitent la pose.

Il n'en est pas moins vrai que le tirage peut s'exécuter facilement dans des caniveaux courbes.

L'administration française effectue depuis très longtemps des tirages dans des canalisations unitaires (canalisation en tuyaux de grès où plusieurs câbles sont placés dans le même tuyau) courbes ; certains offices étrangers et récemment le réseau de Paris en banlieue utilisant des caniveaux multiples courbes. Nous avons traité la question par le calcul (ANNEXE II), et de cet exposé il résulte que les efforts de tirage restent très voisins des efforts de tirage en ligne droite, même pour des courbures importantes. Le tirage est encore possible dans des caniveaux présentant des courbures de très faible rayon, à condition d'utiliser des dalles spéciales pour les coudes. Avec des dalles ordinaires et des câbles ordinaires, on peut admettre des flèches, dans le plan horizontal ou vertical, atteignant plusieurs mètres sur une section de 150 mètres.

b) *Nous ne voyons pas, quand bien même on admettrait la nécessité de la pose rectiligne, que de cette condition résulte l'impossibilité de dévier un petit tronçon de caniveau.* Si, pour des raisons quelconques, la canalisation doit être déviée sur une certaine longueur, on peut s'y prendre de plusieurs manières. On peut, par exemple, construire aux extrémités de la section à dévier des chambres de raccordement de formes appropriées et

Digitized by Google

construire entre ces chambres la canalisation multiple sur un nouvel emplacement pour effectuer ensuite le transfert des câbles de l'ancienne canalisation à la nouvelle. On peut aussi, dans la section à dévier, transférer les câbles dans un caniveau à section rectangulaire et à dalles amovibles ou construire un élément de galerie souterraine. Un projet bien étudié permettra, souvent du reste, d'éviter des déplacements ultérieurs onéreux et gênants.

c) La solution qui consiste à placer les canalisations à grande profondeur n'est pas à rejeter, quoique un peu plus onéreuse, et peut rendre de grands services (1). Ainsi, pour une canalisation à 24 trous construite à la profondeur normale, c'est-à-dire avec une charge de 80 centimètres sur la dalle supérieure, revenant terminée (chambres de raccordement comprises) à 200 francs le mètre environ, la plus value de surprofondeur atteint 20 % quand la charge sur la dalle supérieure atteint $1^{m},80$. Quelle que soit la profondeur d'implantation de la canalisation, on reste très loin du prix de construction d'une galerie, qui, nous le rappelons, pour une capacité de câble à peu près double (50 câbles), revient à l'administration, tous frais compris, en moyenne au chiffre considérable de 3.000 francs le mètre.

Nous savons qu'on a fait en plus d'autres griefs au système de canalisation multiple, notamment quant à la nécessité de mettre les chambres de tirage et de soudure à des distances rigoureusement égales les unes des autres. Il vaut évidemment mieux construire les chambres de soudure à des distances égales aux longueurs « standard » des câbles administratifs, soit 150 mètres, de manière à éviter le plus possible les chutes de câble difficilement réutilisables ; mais cette condition n'est nullement indispensable. Il suffit de considérer les plans de 20 kilomètres de canalisation multiple construites en banlieue par le service de Paris cette année (artère Porte d'Italie — Juvisy;

(1) Par suite d'obstacles très importants, le radier de la canalisation Porte de la Chapelle — Saint-Denis (24 trous) se trouve, en un point, à $4^{m},65$ du sol.

Digitized by Google

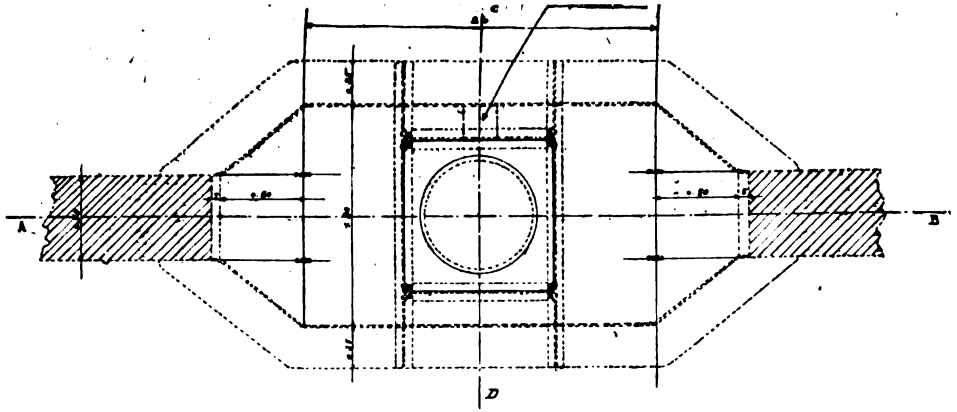
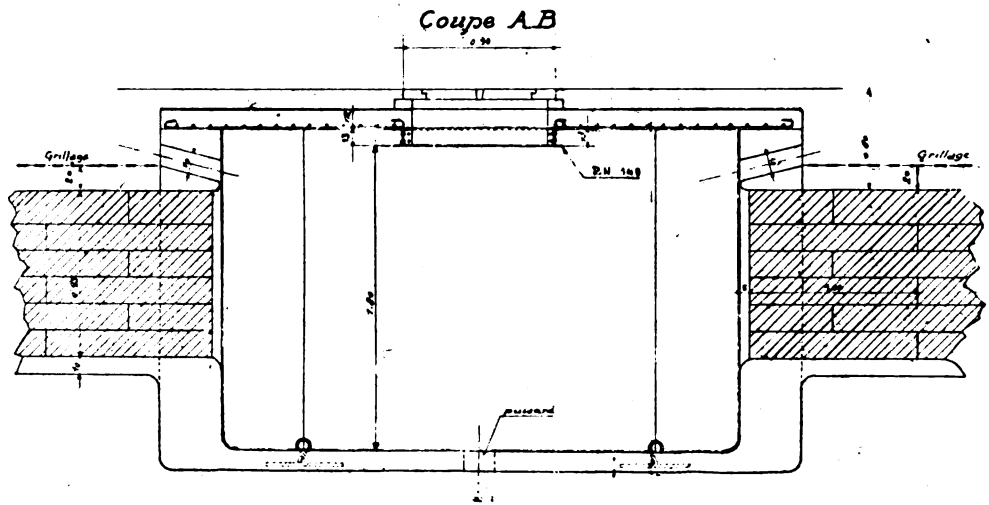
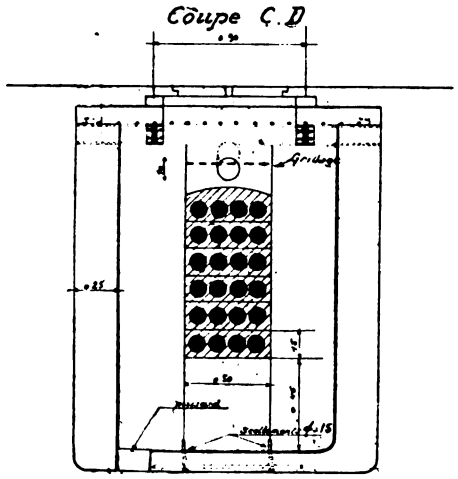


Fig. 3.
Artère Saint-Denis.
Chambre de soudure.
(type n° 1.)





Digitized by Google

artère Porte de Pantin — la Folie) pour se rendre compte qu'un certain nombre de sections irrégulières existent, malgré que la chaussée utilisée soit sensiblement rectiligne. On a aussi fait l'objection que la nécessité de placer les chambres de pupinisation à des distances régulières et exactes donnait une certaine rigidité au système quant à l'emplacement de ces chambres de pupinisation. Les points de charge Pupin doivent, en effet, se trouver sur les câbles pupinisés à des distances exactes, à un ou deux mètres près. Ces longueurs, d'environ 1.800 mètres, *sont comptées sur le câble* et non le long de la canalisation. On peut facilement déplacer d'une trentaine de mètres ou plus une chambre de pupinisation, en plaçant quelques boucles de câbles dans une chambre de tirage et soudure quelconque. Sur les câbles Paris — Strasbourg, la distance de pupinisation est de 1.842 mètres, la chambre 103 (avenue Jean Jaurès) est à 1.821 mètres de la chambre 104 (rue Delizy à Pantin), la chambre 102 dans la galerie Combat est à 1.640 mètres de la chambre 103.

Chapitre IV.

Emplacement des canalisations téléphoniques multiples et description d'une nouvelle adaptation au système des canalisations multiples pour la pose sous chaussée avec regard d'accès aux chambres de raccordement sous trottoir.

Selon l'importance de la canalisation à construire, l'encombrement du sous-sol et certaines circonstances particulières, il y aura lieu de choisir un emplacement sous chaussée ou sous trottoir.

a) Trottoirs. — Les trottoirs sont en général très encombrés. Il sera généralement difficile de trouver un emplacement disponible pour une canalisation téléphonique multiple *importante*, d'autant plus que les chambres (fig. 3) sont plus difficilement logeables et, nous ne le dissimulons pas, plus encombrantes elles-mêmes que la canalisation.

Digitized by Google

Par contre, il sera presque toujours possible de construire des canalisations mixtes (dalle multiple et caniveau) *à faible capacité* (4 et 8 trous), du type construit actuellement avenue

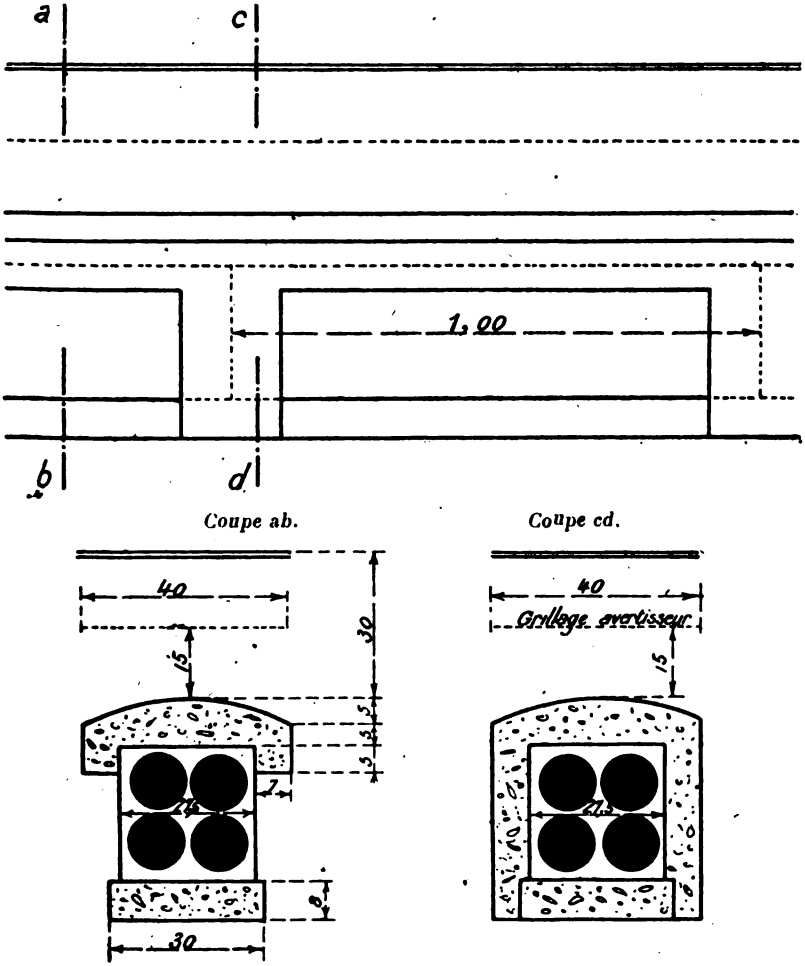


Fig. 4. — Canalisation téléphonique rue de Flandre : pose sous trottoir.

Jean Jaurès (fig. 4 et 5). Cette sorte de canalisation, étant en plus établie à très faible profondeur, passera, en général, au dessus de tous les services et branchements.

b) **Chaussées**. — Les chaussées offrent, par contre, des emplacement *presque toujours libres*. Il est possible de cons-

Digitized by Google

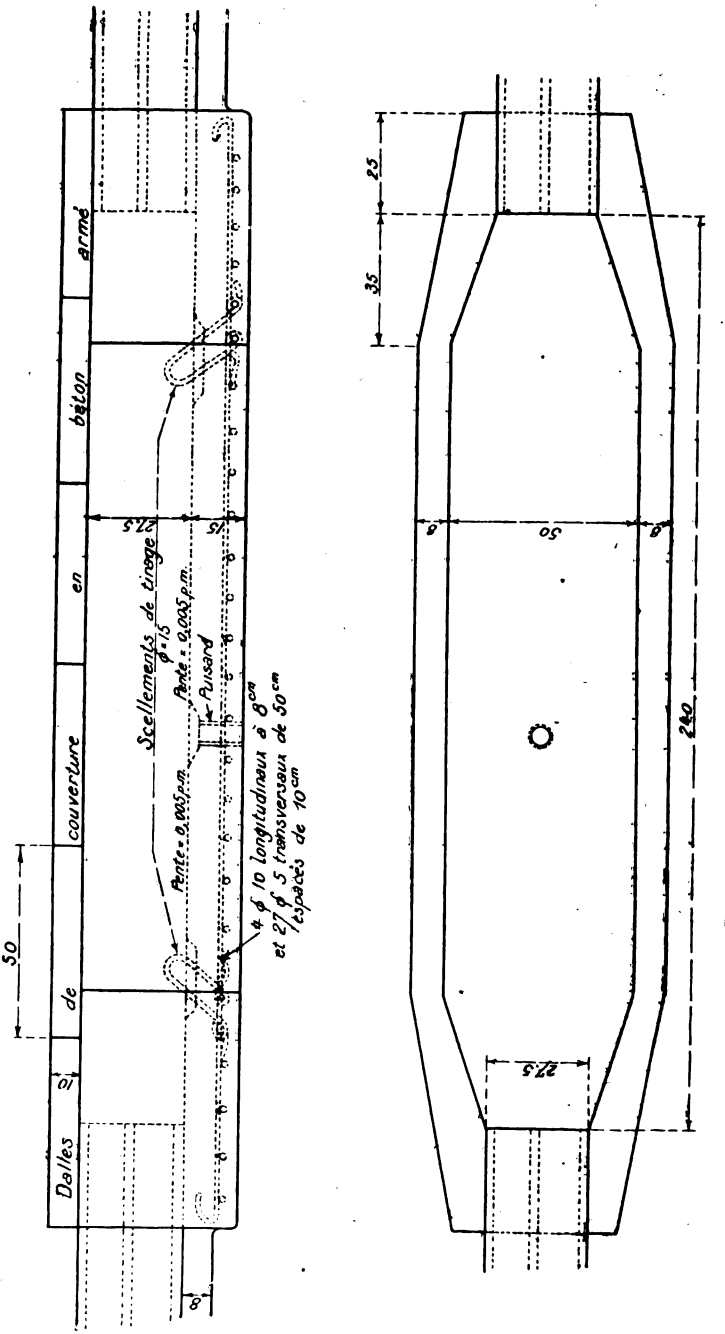


Fig. 5. — Chambre de soudure et tirage pour trottoir.

Digitized by Google

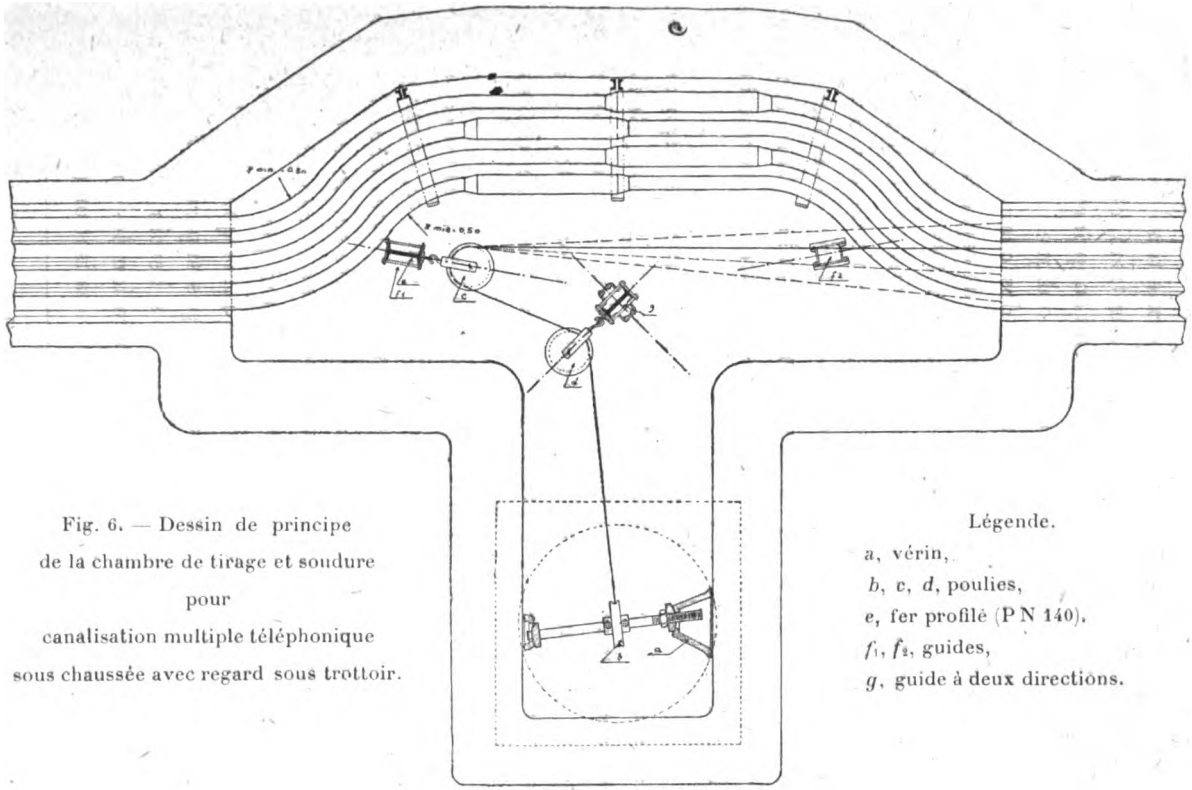


Fig. 6. — Dessin de principe
de la chambre de tirage et soudure
pour
canalisation multiple téléphonique
sous chaussée avec regard sous trottoir.

Légende.

a, vérin,
b, *c*, *d*, poulies,
e, fer profilé (P N 140),
f_1, f_2, guides,
g, guide à deux directions.

Digitized by Google

truire des canalisations multiples sous chaussée avec regard d'accès aux chambres de raccordement sur trottoir. La figure 6 donne le principe des dispositions permettant de tirer le câble (un vérin et deux poulies de renvoi), le treuil étant placé sur le trottoir et tirant verticalement, ce qui supprime la nécessité de l'amarrer comme dans le cas du tirage oblique.

La figure 7 donne les dimensions des chambres de raccordement, dans le cas d'une canalisation de capacité de 24 trous. La cote « a » pourra être réduite jusqu'à 70^{cm} (cas où le dessus du plafond des chambres toucherait le radier de la chaussée). La canalisation sera construite le plus économiquement quand elle sera le plus voisine de la bordure du trottoir ; mais rien n'empêche de faire des regards d'accès aux chambres d'une longueur de plusieurs mètres, s'il est nécessaire, tout en permettant un tirage très facile.

Il est à remarquer, d'autre part, que les regards des chambres de raccordement trouveront, en général, *facilement place sous le trottoir*, entre les arbres, dans la ligne des réverbères, poteaux de trolleys, regards d'égout, etc..., où se trouvent des espaces morts qui ne peuvent être utilisés par d'autres services publics.

Une fois la canalisation construite et les câbles posés, aucun dérangement n'est à prévoir, et, en conséquence, aucune réouverture de chaussée. Ces artères étant construites pour les gros câbles, aucun branchement n'est à prendre sur la canalisation téléphonique multiple. L'encombrement de la canalisation ainsi placée sous la chaussée n'est pas plus grand que celui d'une conduite d'eau ou de gaz, et il importe de remarquer que l'encombrement fictif de la canalisation n'est pas supérieur à l'encombrement réel, puisque nous n'avons pas besoin, comme le gaz et l'eau, pour la vérification et la réparation des joints, de prévoir des dégagements autour de notre canalisation (1). Les cana-

(1) La Société du gaz de Paris demande, par exemple, de ne pas s'approcher à moins de 30 centimètres de ces canalisations. Il en résulte que la zone d'encombrement d'une canalisation de gaz de 30 centimètres est un cylindre de 90 centimètres de diamètre.

Digitized by Google

lisations téléphoniques multiples craignent beaucoup moins que les canalisations de gaz ou d'eau, le voisinage des travaux qui peuvent provoquer des tassements et des fuites aux joints ; de légères fissures de ces canalisations ne sont pas gênantes, et, du reste, l'existence d'un radier et de l'enrobement, qui peuvent être armés, donne une excellente tenue dans le sol à ces canalisations, et rien ne s'oppose, par exemple, à les mettre en porte-à-faux en les soutenant si l'on doit travailler sous ces canalisations.

Il est bien entendu que, dans les endroits où cette sorte de canalisation rencontrerait des obstacles importants dans le sous-sol, des dispositifs spéciaux seraient employés (galerie souterraine, caniveau à faible profondeur, modification de l'empilage des dalles, etc...). Le cas peut se présenter, notamment, pour le franchissement des voies transversales importantes ou de carrefours où se trouvent de grosses conduites, raccordement d'égout entre eux, etc.... Le système que nous proposons apparaîtra donc en beaucoup de cas *comme un système mixte de canalisations multiples, galerie souterraine, caniveau, combinés*, et nous pensons que, dans ces conditions, il puisse donner entière satisfaction à la ville de Paris, d'autant plus que la durée des travaux et la gêne de la circulation ne seront que de courte durée, puisque la construction d'une section de 150 mètres ne demande que 4 jours entre l'arrachage des pavés et la réfection provisoire de la chaussée.

Une question importante reste cependant à résoudre. L'établissement de telles canalisations sous la chaussée ne pourra être exécuté que sous certaines conditions, déterminées par une entente avec le Service de la voie publique. Il est bien évident que des travaux de canalisation sous la chaussée ne pourraient être admis sur des chaussées neuves venant d'être refaites, mais qu'ils peuvent être effectués sans inconvénients sur des chaussées dont le pavage est ancien ou à l'occasion des repavages. Il est, d'autre part, possible de prendre certaines précautions pour éviter la désorganisation des chaussées pavées par des fouilles longitudinales. Des bandes de pavés et radier de chaussée d'un

Digitized by Google

mètre de large, formant en quelque sorte quilles de soutènement, peuvent être laissées tous les 5 mètres, par exemple, en porte-à-faux sur la fouille sans gêner la pose des dalles. Nous avons exécuté en 1925 une importante canalisation multiple sous la chaussée de la route nationale, n° 7, sous pavage à neuf, entre la porte d'Italie et Villejuif, et l'on peut remarquer qu'après la réfection définitive bien exécutée le tracé de notre canalisation est extrêmement peu visible et que la chaussée n'a pas souffert.

Si ce mode de construction (canalisations sous chaussée avec regard sous trottoir) est admis, comme nous pensons qu'il y a lieu de l'espérer, l'administration des P.T.T. pourrait s'engager à passer, à l'avance, des marchés annuels de fourniture de dalle et de construction de canalisation lui permettant d'engager sans retard des travaux, ce qui permettrait donc d'accorder, dans les meilleures conditions de coordination, son programme de travaux avec celui du Service de la voie publique.

ANNEXE I.

AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS TECHNIQUES DE L'UTILISATION DES ÉGOUTS, GALERIES, CANALISATIONS MULTIPLES POUR LA POSE DES CABLES TÉLÉPHONIQUES.

1. Utilisation des égouts. — Le réseau d'égout très remarquable et très complet de la ville de Paris a permis un développement économique et simple du téléphone à Paris, surtout à ses débuts. Le nombre des abonnés étant restreint, la capacité des câbles réduite, le téléphone trouvait un chemin facile du central à l'abonné, où le raccordement était particulièrement simplifié par le branchement d'égout de l'immeuble. De plus, les câbles, moins nombreux et plus maniables, pouvaient être posés, raccordés et entretenus dans d'assez bonnes conditions.

Les égouts présentent cependant des inconvénients nombreux.

1° *L'utilisation des câbles à très grande capacité y est impossible.*

La capacité des câbles téléphoniques est limitée, en égout,

Digitized by Google

a) par la difficulté d'épissure,

b) par la difficulté de déroulement.

En fait la capacité des câbles urbains en égout ne dépasse pas :

112 paires pour les câbles en fils de 10/10 de millimètre,

224 paires pour les câbles en fils de 6/10 de millimètre.

L'épissure d'un câble téléphonique nécessite des opérations de reconnaissance électrique des fils, sur la section déjà posée et sur la section à raccorder, qui conduisent à des temps d'épissure considérable : ainsi une seule épissure d'un câble à 448 paires en 6/10 demande 3 journées consécutives de 11 h. à une même équipe de cinq agents. Pendant le travail même et dans l'intervalle des vacations des équipes, malgré toutes les précautions, il est impossible d'empêcher en égout l'humidification du papier non imprégné du câble, qui, à l'endroit de l'épissure et pendant la durée de celle-ci, n'est plus recouvert de son enveloppe de plomb. Malgré des séchages à l'air sec, il est impossible de remonter convenablement l'isolement du câble. Si l'administration française emploie des câbles dont la capacité maximum est inférieure à celle des offices étrangers (1.000 et 1500 paires), on peut dire que c'est en grande partie dû à l'utilisation presque absolue des égouts dans ses grands réseaux, tandis que les offices étrangers, qui emploient à peu près exclusivement les conduites pour les distributions jusque chez les abonnés, ne sont pas gênés par les mêmes difficultés techniques.

Le câble français de capacité maximum, soit 448 paires, est de création relativement récente et n'a été créé que par suite de la construction d'amorces d'artères en tranchée et en galerie. Le développement de ses galeries et conduites va permettre à l'administration la création de câbles de plus haute capacité (896 p. en 6/10). Le prix de revient des lignes peut être diminué dans une proportion intéressante par l'emploi de câbles de grande capacité.

Pour les mêmes raisons, la capacité des câbles interurbains non pupinisés est limitée à 14 paires. Quant aux câbles interurbains pupinisés, il ne peut être question de les mettre en égoût, en égard aux isolements beaucoup plus considérables exigés.

Digitized by Google

2° *L'usure des câbles est considérable en égout.*

Les câbles téléphoniques employés en égout ne sont pas armés. L'enveloppe de plomb est assez délicate. Les câbles sont déroulés à dos d'homme. Le câble subit déjà certaines avaries au déroulement (accrochages, hernies et applatissement sur l'épaule des hommes). Placé sur sa ligne d'équerre, le câble est souvent atteint par les outils des égoutiers ou des ouvriers travaillant en égout. Comme les câbles sont empilés au lieu d'être rangés à plat, comme dans une galerie, sur une herse, ou séparés en alvéole comme dans une canalisation multiple, le dérangement d'un câble nécessite le déplacement de tous les autres, ce qui n'est pas sans dommages. Certains gros câbles, dans nos artères importantes en égout, placés sous tous les autres, sont très difficilement accessibles, ce qui rend la relève rapide des dérangements fort précaire. Les eaux des égouts contiennent des acides gras qui attaquent lentement le plomb des câbles et diminue la résistance des enveloppes. Les eaux d'égout, étant alcalines, conduisent très bien les courants, et les accidents aux câbles dus à l'électrolyse sont beaucoup plus nombreux que dans le cas de l'utilisation de la conduite ou de la galerie. D'autres causes d'accidents aux enveloppes des câbles sont aussi à considérer : fuites d'eau sous pression perçant les câbles, morsures de rat, etc...

3° *Les dérangements plus fréquents sont souvent difficilement réparables.*

Les câbles en égout sont empilés, et non rangés comme en galerie ou en canalisation multiple. Ils sont donc plus difficilement visitables, et la relève des dérangements est plus longue. Les causes de dérangement sont, comme nous l'avons vu, beaucoup plus nombreuses.

4° *La durée d'amortissement des câbles est réduite.*

Toutes ces causes font que la durée d'amortissement des câbles est réduite. Quoique l'expérience ne porte que sur une période assez réduite (40 ans), on admet que la vie maximum d'un câble en égout ne peut dépasser 30 ans. Des observations faites sur d'anciens câbles posés en égout ont montré que leur

Digitized by Google

enveloppe finit par être complètement rongée. Comme nous l'avons précédemment exposé, l'égout limitant la capacité des câbles, ceux-ci se trouvent démodés avant leur usure et doivent être relevés pour être utilisés dans des artères moins importantes ou déclassés. L'annuité d'amortissement d'un câble en égout se trouve plus élevée que l'annuité correspondante à un câble en canalisation multiple ou en galerie.

5° *Inconvénients divers.*

Des inconvénients divers s'ajoutent. Le travail en égout est un travail fort malsain pour le personnel (tuberculose, mortalité élevée, etc...). L'administration a eu, en plus, à déplorer de graves accidents (asphyxie, noyades, incendie, explosion). Le développement industriel incessant, et en particulier le développement de la traction automobile (déversement d'essence), augmentent les risques.

L'emploi des lampes de mines dans les égouts diminue le rendement de notre personnel.

Étant donné le personnel nombreux travaillant dans les égouts, nous avons à constater périodiquement soit des actes de malveillance, soit des vols de câbles.

2. Utilisation des galeries téléphoniques. — Les galeries utilisées sont du type $2^m,50 \times 2^m,10$, $1^m,50 \times 2^m,10$, $1^m \times 2^m,10$, et sont équipées soit en galerie double de deux rangées de herses normales, soit en galerie simple avec une rangée de herses normale, soit en galerie simple avec une rangée de herse réduite. L'atmosphère de l'air dans les galeries est relativement sèche et en tous cas n'est pas saturée comme en égout. Cette condition, jointe aux bonnes conditions de travail et aux plus grandes facilités de déroulement, font que l'emploi de câbles à grande capacité urbains et interurbains et de câbles pupinisés y est possible. Les risques d'accidents aux enveloppes des câbles, signalés en égout, disparaissent. Les câbles, au lieu d'être empilés les uns sur les autres, sont rangés en lits séparés sur les consoles des herses. Ils peuvent être visités commodément, greffés en dérivation commodément pour les transferts de secteurs, et réparés

Digitized by Google

facilement. En fait, les dérangements constatés sont absolument exceptionnels. Pour les raisons inverses de celles indiquées en égout, la période d'amortissement en galerie est beaucoup plus considérable qu'en égout. Les conditions du travail sont très satisfaisantes.

3. Utilisation des canalisations multiples. — Chaque câble étant placé dans une alvéole particulière, se trouve remarquablement protégé. Des chambres d'épissure se trouvent tous les 150 mètres, où les travaux s'effectuent dans les meilleures conditions. L'utilisation des très gros câbles y est indiquée. Au lieu d'y être déroulé à la main, le câble est tiré au treuil à moteur dans des conditions économiques et glisse dans son alvéole sans être déformé.

Les conditions de conservation du câble sont excellentes, et la durée de vie d'un câble est pratiquement indéfinie. Au point de vue technique, la canalisation multiple semble même présenter certains avantages sur la galerie.

ANNEXE II.

ETABLISSEMENT EN COURBE DES CANALISATIONS MULTIPLES (1).

On a cru que la construction des canalisations à trous multiples en ligne droite était indispensable pour permettre le tirage des câbles. Nous allons démontrer que le tirage des câbles peut s'effectuer en canalisation courbe sans augmentation sensible, dans d'assez larges limites, de l'effort de tirage. Les calculs suivants ont trait à une canalisation à courbure continue. Dans la pratique, les canalisations multiples construites en courbe sont constituées par des dalles rectilignes en ciment et la canalisation a la forme d'un polygone, tangent extérieurement à une courbe de grand rayon. La généralisation à la forme

(1) A la suite du dépôt de cette note de calcul, M. Pomey nous a signalé que cette question avait dû être traitée autrefois par Vaschy. L'étude de Vaschy sur le frottement des câbles a paru dans les *Annales télégraphiques* de 1881 et 1882.

Digitized by Google

polygonale des résultats trouvés pour la courbure continue est justifiée par le fait que le frottement ne dépend pas de l'étendue des surfaces en contact.

Nous considérons les deux cas suivants :

1° L'axe du tuyau est une ligne de niveau ;

2° L'axe du tuyau est contenu dans un plan vertical.

1° L'axe du tuyau est une ligne de niveau. — Soit une section circulaire de longueur l et de rayon R. Soient p le poids

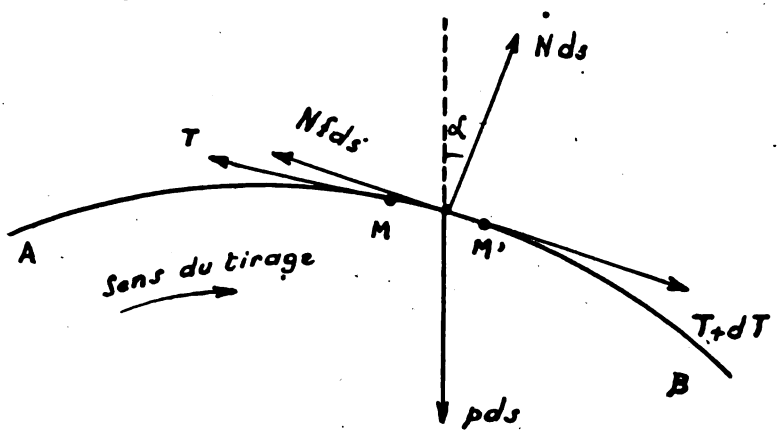


Fig. 8.

du câble par mètre, f le coefficient de frottement, T l'effort de traction, $MM' = ds$ un élément infinitésimal du câble, $d\varphi$ l'angle de contingence, N la réaction normale des parois du tuyau sur le câble, α l'angle de cette normale avec la verticale.

L'élément de câble MM' (fig. 8) est en équilibre sous l'action des forces $p\,ds$, $N\,ds$, $N f\,ds$, T, et $T + dT$.

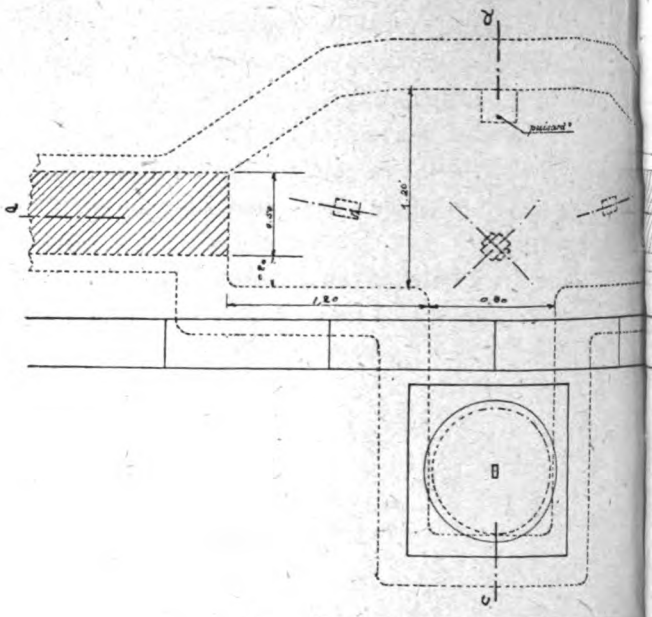
Projetons sur la verticale, le rayon et la tangente ; nous avons :

$$\begin{cases} N\,ds\cos\alpha - f\,ds = 0, \\ N\,ds\sin\alpha - T\,d\varphi = 0, \\ (T + dT) - T - N f\,ds = 0. \end{cases}$$

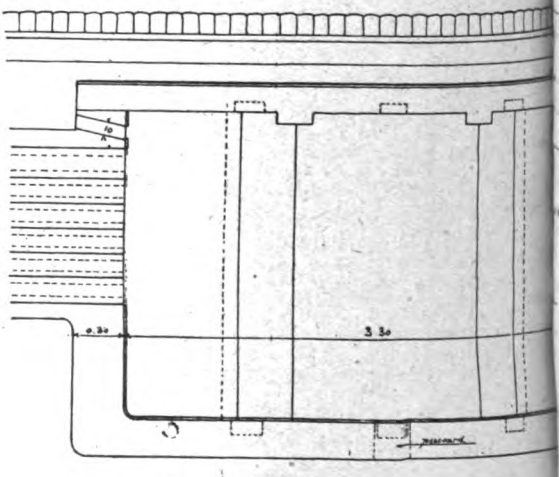
D'autre part,

$$ds = R\,d\varphi.$$

Digitized by Google



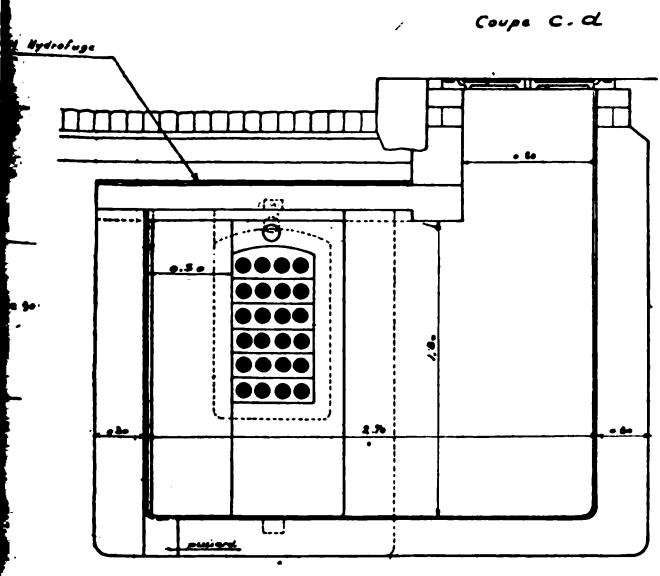
Coupe a b



Digitized by Google

Fig. 7.

Chambre de tirage et soudure
pour canalisations multiple téléphonique
sous chaussée avec regard sous trottoir.



Digitized by Google

Éliminons N, α et ds ; on a :

$$\frac{dT}{\sqrt{T^2+p^2+R^2}} = f\,d\varphi,$$

d'où :

$$L\left(T+\sqrt{T^2+p^2R^2}\right) = f\varphi + C^{te},$$

$$T+\sqrt{T^2+p^2R^2} = \left(T_0+\sqrt{T_0^2+p^2R^2}\right)e^{f\varphi},$$

$$T = T_0 \operatorname{ch} f\varphi + \sqrt{T_0^2+p^2R^2}\operatorname{sh} f\varphi. \qquad (1)$$

La formule 1 permet la détermination de l'effort de tirage dans le cas (le plus général) d'éléments droits et d'éléments circulaires raccordés quand les axes des tuyaux sont dans un plan horizontal.

Il est facile de voir sur des exemples que, pour des courbes de grand rayon, l'effort de tirage reste très voisin de l'effort de tirage pour une conduite de même longueur établie en ligne droite.

Ainsi, si l'axe du tuyau est un arc de cercle, et si, comme dans la pratique $T_0 = 0$,

$$T = pR\operatorname{sh}\varphi = pR\left(f\varphi + \frac{f^3\varphi^3}{6} + \dots\right) = pfl\left(1 + \frac{f^2\varphi^2}{6} + \dots\right).$$

L'augmentation d'effort ΔT par rapport au tirage en ligne droite est :

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{f^2\varphi^2}{6} + \frac{f^4\varphi^4}{120} + \dots\dots$$

Si a est la flèche de l'arc, on a pour les grands rayons :

$$\varphi = 8\,\frac{a}{l}.$$

D'autre part, d'après nos mesures, le coefficient de frottement du plomb sur le ciment est voisin de 0,3.

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{f^2\varphi^2}{6} \qquad \frac{a^2}{l^2};$$

Si $a = 5^m$ et $l = 150^m$,

$$\frac{\Delta T}{T} = 0{,}1\,\%$$

Si la section est composée de deux alignements droits raccordés par une courbe de grand rayon donné, il est *facile* de

Digitized by Google

voir que l'effort de tirage dépend de la position de cet élément courbe dans la section et que l'augmentation de tirage est d'autant plus faible que celui-ci est plus rapproché du tour et les augmentations d'effort de tirage restent toujours très faibles.

Ainsi, soient une section (fig. 9) composée d'un élément droit $AB = l_1$ et d'un élément courbe $BC = l_2$, chacun de 75^m.

Soient : $R = 150$; $\varphi = \frac{1}{2}$; $p = 10^{kg}$.

$$CD = \frac{l_2^2}{2R} = \frac{\overline{75}^2}{300} = 18^m,70.$$

Si la section AC était en ligne droite, l'effort de traction sur le câble serait de 550^{kg} ; si le tirage s'effectue de A vers C, l'effort

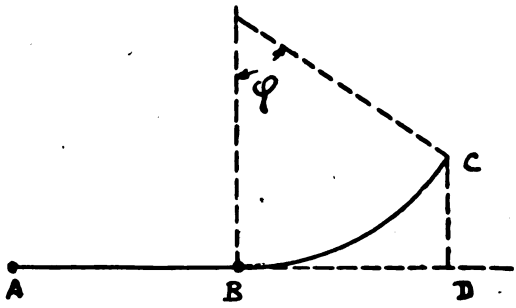


Fig. 9.

de traction est de $552^{kg},6$; et si l'on tire de C vers A, l'effort de traction est de $555^{kg},5$. Dans les deux cas, l'augmentation d'effort et inférieure à 1 %.

2° L'axe du tuyau est contenu dans un plan vertical. — Soit i la pente du tuyau. En employant les mêmes notations que précédemment, projetons sur la normale et sur la tangente (fig. 10) :

$$\begin{cases} N\,dS - p\,ds\cos i + T\,di = 0, \\ (T + dT) - T - p\,ds\,\sin i - Nf\,ds = 0. \end{cases}$$

Soit R constant :

$$ds = R\,di$$

En éliminant N et ds, on obtient l'équation différentielle du premier ordre à coefficients constants :

Digitized by Google

$$\frac{dT}{di} + Tfi - pR(\sin i + f\cos i) + 0,$$

dont l'intégrale est :

$$T = Ce^{-fi} + \frac{pR}{1+f^2}[-\cos i(1-f^2) + 2f\sin i].$$

Si, pour $i = i_0$, $T = T_0$,

$$Te^{fi} = T_0 e^{fi_0} + \frac{hR}{1+f^2}\{[2f\sin i - (1-f^2)\cos i]e^{fi} - [2f\sin i_0 - (1-f^2)\cos i_0]e^{fi_0}\} \qquad (2)$$

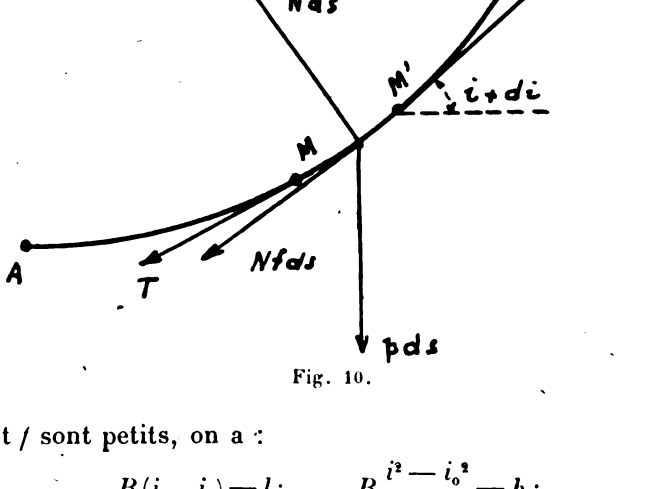


Fig. 10.

Si i et f sont petits, on a :

$$R(i - i_0) = l; \qquad R\frac{i^2 - i_0^2}{2} = h;$$

en appelant l la longueur AM et h la différence de niveau entre M et A.

$$Te^{fi} = T_0 e^{fi_0} + pfl + ph(1+f^2). \qquad (3)$$

Cette formule est indépendante du rayon. Elle est encore valable pour une courbe quelconque. En effet en divisant cette courbe en arcs élémentaires et en appliquant la formule 3 :

$$T_1 e^{fi_1} = T_0 e^{fi_0} + pfl_1 + ph_1(1+f^2),$$
$$T_2 e^{fi_2} = T_1 e^{fi_1} + pfl_2 + ph_2(1+f^2),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

Digitized by Google

$$T\ e^{fi} = T_n e^{fi_n} + p f l_n + p h_n (1 + f^2),$$

$$T\ e^{fi} = T_0 e^{fi_0} + p f L l_n + p L h_n (1 + f^2);$$

ou : $$T\ e^{fi} = T_0 e^{fi_0} + p f l + p h\ (1 + f^2).$$

On remarque que, si $i = i^0 = 0$, $h = 0$,

$$T = p f l.$$

La traction sur le cable, dans ce cas, est la même qu'en ligne droite horizontale.

Si $T_0 = 0$ (cas de la pratique) et $h = 0$,

$$T = p f l \cdot e^{-fi} = p f l (1 - f i).$$

Si i est positif, l'effort de tirage est plus faible qu'en ligne droite horizontale. Si i est négatif, il est supérieur.

Digitized by Google

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Amplificateurs à deux fils (H. Keller, dans le *Bulletin technique de l'administration des télégraphes et des téléphones suisses* : 1926, n° 2). — On sait que, dans le montage ordinaire des amplificateurs du type 2-2, chaque circuit est équilibré par une ligne artificielle qui doit avoir, pour toutes les fréquences transmises, la même impédance que le circuit. Si cette condition n'est pas satisfaite, on peut avoir amorçage de sifflements dans l'amplificateur, et l'on est conduit, pour éviter ce phénomène, à diminuer l'amplification.

Or les irrégularités des circuits possédant des sections hétérogènes (lignes aériennes, câbles ordinaires, câbles chargés) et même celles des circuits en câble pupinisé (distance des bobines inégales, inductances des bobines et capacités des sections différentes) font que leurs courbes impédance-fréquence présentent des oscillations plus ou moins régulières autour de leur cours normal. Ces oscillations ne peuvent être reproduites dans les lignes artificielles. On se contente de leur donner les valeurs d'impédances moyennes du circuit entre 300 et 3.000 périodes par seconde. On cherche donc à réduire autant que possible les irrégularités des circuits dont dépend l'efficacité des amplificateurs.

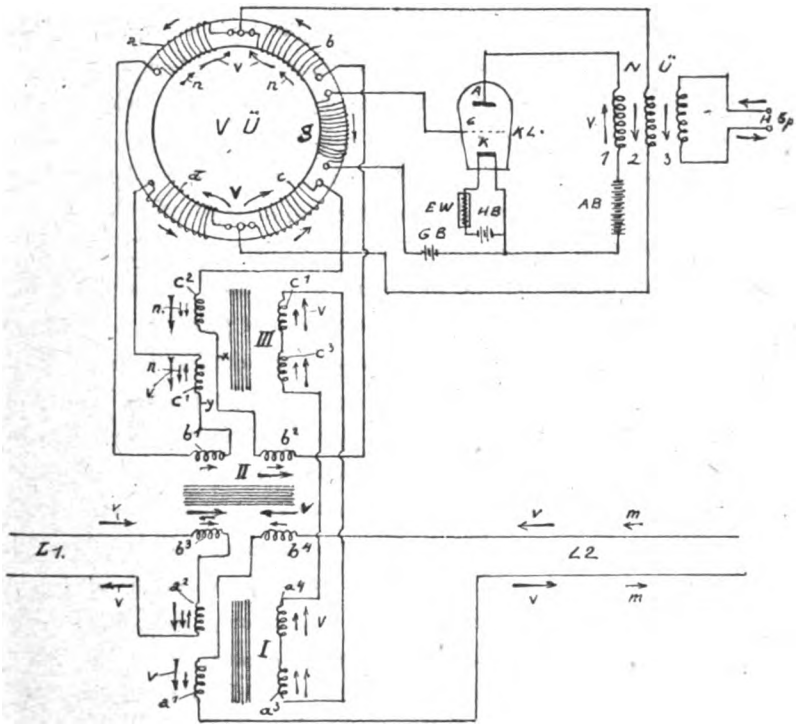
De même, dans les amplificateurs du type 2-1, si les courbes d'impédance des deux circuits ne sont pas semblables, on risque d'avoir amorçage de sifflements. L'auteur décrit un modèle d'amplificateur de ce type, dans lequel, grâce à une combinaison de transformateurs et de bobines, il existe, entre les deux circuits, un couplage, qui diminue le risque d'amorçage des sifflements. Par suite de ce couplage, en effet, les courants réfléchis par les irrégularités des lignes passent d'un circuit à l'autre ; ces irrégularités deviennent ainsi, en quelque sorte, communes aux deux circuits, et elles ont moins d'influence sur le fonctionnement de l'amplificateur que dans le type 2-2.

La figure ci-jointe représente le schéma de principe de cet amplificateur. Il comprend trois bobines : I, II, III, ayant chacune quatre

Digitized by Google

enroulements : a^1, a^2 a^3, a^4 ; b^1, b^2, b^3, b^4 ; c^1, c^2, c^3, c^4 ; un transformateur V Ü avec quatre enroulements primaires, a, b, c, d, et un enroulement secondaire g, un tube à trois électrodes K L et un transformateur de sortie N Ü à trois enroulements 1, 2, 3.

La marche des courants est la suivante : supposons qu'un courant, de sens indiqué par la flèche m, vienne de la ligne L_2. Il traverse



les enroulements b^4 de II et a^1 de I. Le courant parcourant a^1 induit dans a^2, a^3, a^4, des courants dirigés de bas en haut ; celui qui parcourt b^1 induit dans b^1, b^2, b^3, des courants dirigés de gauche à droite. Les courants induits dans a^2 et a^3 s'annulent en grande partie, car ils sont de sens opposés.

Montrons d'abord que les courants induits dans a^3 et a^1 n'influencent pas le transformateur V Ü. Ces courants traversent c^3 et c^4 de bas en haut. Ils induisent dans c^1 et c^2 des courants dirigés de haut en bas, suivant la flèche marquée n, qui atteignent les points

Digitized by Google

x et y ; mais ces deux points sont réunis par b^2 de II, les enroulements b et a du transformateur V Ü, et b^1 de II. Ces courants s'opposent, comme l'indiquent les flèches n dans le transformateur. Les enroulements c^3 et c^1 se comportent donc comme une bobine de choc, et le courant parcourant a^3, a^4, c^3, c^1, est très faible. Les courants induits en b^1 et b^2 de II influencent le transformateur V Ü de la façon suivante : venant de b^2, le courant parcourt les enroulements b et a, traverse de gauche à droite b^4 de II, de bas en haut c^1, puis parcourt les enroulements d et c de V Ü et revient à b^2 en traversant c^2 de haut en bas. Ce courant ne produit donc aucun flux dans la bobine III. Les quatre enroulements primaires, a, b, c, d, parcourus dans le même sens, induisent, dans le secondaire g, un courant qui modifie le potentiel de la grillle G. On aurait un fonctionnement analogue pour un courant venant de L_1, les circuits L_1 et L_2 étant montés symétriquement par rapport à l'amplificateur.

Le courant amplifié parcourt l'enroulement primaire 1 du transformateur de sortie N Ü et induit dans le secondaire 2 un courant, dirigé suivant la flèche v, qui se partage en deux parties égales au point de jonction des enroulements c et d. Une partie traverse l'enroulement d, c^1, b^1, et a ; l'autre, l'enroulement c, c^2 b^2 et b. Les bobines I, II, III étant choisies absolument semblables, ces deux courants partiels sont égaux en grandeur et en phase ; d'autre part, les enroulements primaires a et b, ainsi que c et d, étant équilibrés, ces courants amplifiés n'auront aucune action sur g, donc sur la grille G. On évite ainsi toute réaction sur l'amplificateur.

Les courants amplifiés traversant c^1 et c^2 induisent dans c^3 et c^4 un courant ayant le sens de la flèche v, qui traverse a^3 et a^4. Ceux-ci induisent à leur tour, dans a^1 et a^2, des courants qui sont ainsi envoyés sur les deux lignes L^1 et L^2. b^1, b^2, et b^3, b^4, étant parcourus en sens inverse, aucun flux ne traverse la bobine II.

Aux bornes du 3e enroulement du transformateur de sortie, on peut brancher un poste téléphonique pour contrôler le fonctionnement de l'amplificateur.

Le couplage entre les deux circuits L_1 et L_2, dont nous avons parlé plus haut, est introduit par les enroulements a^1, a^2, b^3, b^4. Pour des circuits d'impédances caractéristiques très différentes, mal-

Digitized by Google

gré ce couplage, on aurait, dans b^3 et b^4, des courants très différents. Par induction sur b^1 et b^2, on aurait réaction de l'amplificateur. Dans ce cas, on introduit, entre les lignes et l'amplificateur des « prolongements de circuits » qui ont pour but de ramener les impédances des circuits à des valeurs à peu près égales. Dans la plupart des cas, il suffit d'introduire une simple résistance ohmique en série avec le circuit de plus faible impédance caractéristique. Dans d'autres cas, on pourrait employer des transformateurs de rapport convenable. Dans le cas de circuits très différents, par exemple ligne aérienne et câble pupinisé, il est recommandable d'employer des filtres qui étouffent les fréquences supérieures à 2.400 périodes.

Avec cet amplificateur, quand les deux lignes adjacentes ont une impédance moyenne approximativement égale (condition satisfaite en se servant au besoin de « prolongements du circuits » convenables), les irrégularités des circuits et les réflexions qu'elles produisent peuvent être beaucoup plus importantes que dans un amplificateur du type 2-2, où chaque circuit doit être équilibré. Sur des circuits de même nature, cet amplificateur peut être employé sans plus ; il convient donc tout particulièrement comme amplificateur sur cordon.

Après avoir cité quelques exemples d'application de l'amplificateur décrit précédemment à différents circuits, l'auteur conclut en énumérant les avantages et inconvénients de cet amplificateur. Comme avantages : il n'exige pas de lignes d'équilibre ; il convient particulièrement comme amplificateur sur cordon ; il est beaucoup moins sensible aux courants réfléchis par les irrégularités des circuits ; par suite, en adaptant le transformateur, on peut utiliser une plus grande amplification ; il peut être aussi bien employé avec des lignes aériennes qu'avec des câbles ; son emploi et son entretien sont simples.

Le plus gros inconvénient, inhérent d'ailleurs à tout amplificateur à un seul tube, est que les courants amplifiés sont envoyés sur les deux circuits reliés à l'amplificateur ; si l'on a plusieurs amplificateurs de ce genre sur une ligne, l'effet d'écho sera accentué ; mais, sur les lignes de longueur moyenne qui ne nécessitent qu'un ou deux amplificateurs l'écho n'est pas sensible.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Étude sur les messageries et les postes, d'après les documents métalliques et imprimés, par Ch. Florange. Paris, J. Florange, 1 vol. in-4°, avec de nombreuses illustrations dans le texte et 4 planches en noir. — Prix : 150 francs.

Dans le *Mercure de France* du 1er avril dernier, M. A. van Gennep passe en revue trois volumes, très documentés, concernant l'art populaire ; l'un d'eux, qui est celui de M. Ch. Florange sur les messageries et les postes, nous intéresse particulièrement, à titre professionnel. « M. Florange, nous dit le critique du *Mercure de France*, tenait à montrer comment le système de communications, constitué par les messageries et les postes, s'est greffé sur le réseau des ponts et chaussées et a acquis dans la vie sociale une importance croissante, qui s'est exprimée plastiquement. La reproduction de ponts, sur les jetons et médailles, a un caractère aussi populaire que sur les sceaux et les églises ; très populaire au sens imagier est la médaille des routes de Lorraine ; populaires à la fois comme usage et comme facture sont les jetons qu'on donnait comme paye préliminaire aux ouvriers des chaussées, ainsi que les méreaux de plomb et les morceaux de carton imagés donnés en échange du payement de certains péages. Populaires encore, les premières plaques de postillons, qui devinrent ensuite, au XIXe siècle, des horreurs, par suite d'une dégénérescence identique, en principe, à celle des images ; mais elles redeviennent populaires en 1848. »

« M. Florange a publié in extenso, par clichage, des règlements et avis de toute sorte ; aux amateurs de costumes populaires, je signale l'ordonnance de 1777 sur l'habillement des visiteurs, maîtres de poste et postillons ; puis l'instruction de 1832, qui modifia ces costumes entièrement. »

« Jetons, méreaux (1), boutons, plaques ont été dessinés et gravés

(1) Les méreaux sont des jetons donnés à titre de gage d'un payement ultérieur qui s'effectuera en espèces ayant cours légal.

Digitized by Google

un peu partout, sauf les jetons sortis des « monnaies » officielles ; de même, les images et vignettes qui se distribuaient. Ils s'adressaient à un public populaire ; souvent la facture est simple, parfois grossière. »

L'*Union postale*, journal mensuel publié par le bureau international de l'Union postale universelle, a, dans le numéro du 1er décembre 1925, consacré à cet ouvrage un paragraphe de sa bibliographie. L'étude sur les messageries et les postes est, comme il vient d'être dit, précédée d'un essai numismatique sur les ponts et chaussés.

D'autre part, M. Stéphane Strowski, professeur agrégé de philosophie au lycée de Pontivy, rend compte du travail de M. Ch. Florange dans l'*Écho de la timbrologie* du 15 décembre 1925. Nous extrayons de son article les très intéressantes considérations suivantes, relatives à la partie qui concerne plus particulièrement l'histoire de la poste :

« Sa méthode est pratique : pour chacune des questions qu'il traite, il passe en revue, en suivant leur ordre de succession, tous les documents métalliques, médailles, plaquettes, etc... venus à sa connaissance ; il les explique et il les commente à l'aide de documents, manuscrits, estampilles ou imprimés, qui ont du rapport avec les premiers. » Après une revue des parties de l'ouvrage consacrées à l'histoire des ponts et chaussées, le critique ajoute : « Mais vous avez hâte d'en arriver aux messageries et aux postes. Trois grands bronzes de la collection Ciani vous montreront les mules et les véhicules que ce service employait à l'époque d'Agrippine et de Nerva. Sautons quelques siècles et voici la médaille qui immortalise la création, par Louis XI, des *coureurs de France*, nos premiers courriers. Les archives que M. Florange a dépouillées en contiennent de nombreuses traces. Du règne de Louis XIV, c'est la déclaration royale de 1678, réorganisant le service des messagers, au profit de Lazare Patin, l'institution de la « petite poste » de Paris, avec le fameux billet de port-payé, l'ancêtre du timbre-poste, les tarifs officiels des lettres pour toutes les directions du royaume. Voulez-vous voir la plaque des postillons de cette époque reculée ? le livre reproduit précisément une de celles de la merveilleuse collection Chamboissier.

« Les messagers ne se contentent pas de porter les lettres, ils

Digitized by Google

transportent les voyageurs, ils exploitent les diligences, ils ont des relais ; leur organisation, qui forme un grand service public, constitue la poste aux chevaux. Une ordonnance de Louis XIV a réglé jusqu'à l'uniforme de ses postillons. Notre auteur nous en donne le fac-similé. Il y joint les principaux renseignements fournis par les almanachs royaux, l'état général des postes, etc... On apprend ainsi le nombre de bœufs que doivent prendre au bas de la montagne de Tarare les différentes sortes de voitures publiques qui veulent gravir cette pente fameuse.

« Les postes de la révolution nous valent une abondance de nouveaux emblèmes et de nouvelles inscriptions, telle cette légende tourangelle : *Unité—Indivisibilité de la République—Liberté—Égalité ou la mort. Postillon de Tours.* Voilà une voiture où ne devaient guère monter les ci-devants !

« Même abondance de documents intéressants sur les postes du premier empire. Le blocus continental et la suppression de toutes les relations postales avec la Grande-Bretagne nous valent une série de circulaires, dont M. Florange nous donne une foule de caractéristiques. Puis ce sont les 360 routes de l'empire qui sillonnent tous les départements impériaux et qui jalonnent toute l'Europe de leurs postes. Des boutons, des plaques, des cachets illustrent cette énumération. Les postillons du peintre Carle Vernet l'embellissent.

« De la restauration, c'est le rétablissement du transit postal avec l'Angleterre ; c'est l'immense extension du service postal parisien ; c'est un curieux reçu de dépôt d'article d'argent, ancêtre lointain du talon de nos mandats ; au passage, c'est un petit renseignement qui n'a l'air de rien, mais qui nous en dit long sur les recettes des postes : pour 1831, en effet, nous apprenons que le produit du service s'est élevé à la somme rondelette de 33 millions 340.319 francs et 79 centimes. Dans ce chiffre, le produit des places dans les malles-postes ne présente pas 2 millions.

« La révolution de 1848 et la IIe République, l'unification du tarif postal, la création du premier timbre-poste français, le déclin des diligences, autant de prétextes pour nous présenter des documents métalliques, des pièces d'archives, des autographes, des affiches officielles éphémères ! Et tout de suite, c'est le second empire, dont

Digitized by Google

l'aigle au naturel envahit les plaques de postillons, de facteurs, de courriers, les boutons d'uniformes, etc...

« La guerre de 1870, l'occupation des provinces françaises, le siège de Paris, la poste par aérostats et par pigeons, la commune, les offices particuliers, tous ces faits, qui sont encore si proches de nous et dont la documentation philatélitique a été tirée au clair par tous nos bons auteurs, parmi lesquels j'aurais bien voulu voir citer aussi Serrane et Voisin, ces événements, dis-je, si massivement précipités, provoquent encore des trouvailles pittoresques et émouvantes, de la part de Florange ; le papier ou le métal conspirent avec lui pour nous instruire et nous passionner. »

Les derniers chapitres de ce travail traitent des messageries fluviales et maritimes ; et les postes étrangères, résumées brièvement, nous donnent trace des services postaux français durant l'occupation de nos armées en Allemagne, Belgique, Espagne, Hollande et Italie.

En un mot, pour résumer cette étude, MM. Babelon et d'Espézel, conservateurs adjoints à la bibliothèque nationale, disent : « C'est toute la vie économique et anecdotique de l'ancienne France qui se révèle dans ces souvenirs modestes du passé, que le recul des temps a rendu précieux. Tableau singulièrement suggestif et vivant, car l'examen de la vie quotidienne dans ses détails, fussent-ils triviaux, peut servir à sa manière, et à l'égal des vastes considérations puisées aux documents diplomatiques conservés dans les chancelleries, l'œuvre de résurrection que constitue toute histoire largement conçue. »

On peut consulter le très beau livre de M. Ch. Florange à la bibliothèque de l'administration des Postes et Télégraphes, en s'adressant à son distingué bibiothécaire, M. Vaillé.

MM. Florange ont mis également à la disposition de la bibliothèque de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes, un deuxième exemplaire de ce précieux ouvrage ; qu'ils reçoivent ici, pour cette libéralité, l'expression des remerciements de la direction et des élèves. J.-B. Pomey.

Mathématiques générales. Cours théorique et pratique, renfermant de nombreuses figures et près de 2.500 exercices, avec

Digitized by Google

réponses, dont plus de 350 entièrement résolus, par Woods et Bailey, professeur de mathématiques à l'Institut de technologie de Massachussetts, traduit de l'anglais par A. Sallin. Paris, Librairie scientifique Albert Blanchard, 1926. 1 vol. gr. in-8° de 462 pages. — Prix : 40 francs.

Cet ouvrage contient une matière abondante et diverse. C'est un cours qui s'adresse aux candidats au certificat de mathématiques générales et aux ingénieurs ; mais M. Sallin ajoute que, par la simplicité et la clarté de son exposition, il lui paraît appelé à rendre les plus grands services aux candidats à nos grandes écoles (Polytechnique, Normale, Centrale, Ponts et Chaussées, Mines, Institut agronomique, Sèvres, Saint-Cloud, etc...). Je dirai même que cet excellent ouvrage répond entièrement au programme de l'enseignement des mathématiques dans les écoles techniques, tel qu'il résulte des discussions qui ont eu lieu, il y a quelques années, devant la Société des ingénieurs civils de France. A ce titre, il est à coup sûr destiné au plus grand succès. Il réalise très exactement le désir des savants éminents qui ont pris part à ces luttes d'idées et qui, pareils aux nobles de la nuit du 4 août sacrifiant leurs droits et privilèges, abandonnaient à l'exécration publique tout ce qui touche à l'analyse et aux théories générales de l'algèbre. Il restait à voir ce que l'on pouvait obtenir par cette méthode ; le livre de MM. Woods et Bailey prouve qu'on peut arriver ainsi à un excellent résultat.

Cela dit, convient-il de renoncer dans l'enseignement français aux programmes universitaires ? Allons-nous désormais renoncer aux traités de Grévy, au précis de Papelier, à tant d'autres cours remarquables dus à nos professeurs de mathématiques spéciales, trésor incomparable d'expérience pédagogique accumulée par des générations et coordination de toutes les disciplines essentielles dans un programme universitaire, qui ajuste pour le mieux l'effort intellectuel à l'âge des élèves et au temps disponible ? Je ne le crois pas. Il me semble impossible que les 2.500 exercices des professeurs américains ne parviennent pas à susciter chez les lecteurs quelque curiosité dépassant l'intérêt pratique, et dont le besoin mérite quelque satisfaction. Essayons de nous faire comprendre par un exemple : voici un paragraphe 121 qui traite de l'intégration par décomposition en fractions

Digitized by Google

partielles ; c'est ce que nous appelons la décomposition en fractions simples. Le procédé est indiqué par un exemple détaillé ; suivent quatre exercices, traités par la méthode des coefficients indéterminés ; dans le premier, les racines du dénominateur sont réelles et simples ; dans le second, il y a deux racines imaginaires conjuguées ; dans le troisième, il y a une racine double ; dans le quatrième, il y a à la fois une racine double et deux racines imaginaires conjuguées. Évidemment, rien n'est plus propre à éveiller l'esprit; on sait maintenant de quoi l'on va parler, et, si l'on a quelque chose à exposer, l'élève ne sera pas gêné pour faire l'effort d'imagination nécessaire : il saura de quoi l'on parle, ce que l'on veut, et il comprendra l'utilité de la théorie.

Reportons-nous donc au texte, maintenant que nos idées sont fixées. Le texte se borne à noter dans la solution des exemples précédant les points suivants : 1. Le dénominateur est un produit de facteurs linéaires ou quadratiques ou de puissances entières de ces facteurs. 2. On considère autant de fractions simples que de facteurs. 3. On suppose une fraction de la forme $\frac{A}{ax+b}$ pour un facteur linéaire, deux fractions $\frac{A}{(ax+b)^2} + \frac{B}{ax+b}$ pour le carré d'un facteur linéaire. 4. On suppose une fraction en $\frac{Ax+B}{ax^2+bx+c}$ pour un facteur quadratique. 5. On détermine les numérateurs supposés et l'on complète l'intégration. J'ai abrégé légèrement le texte, mais on voit que l'on aboutit à une recette. A-t-on bien le nombre d'équations voulu ? Le système a-t-il toujours une solution et une seule ? Comment est-on arrivé à concevoir la possibilité de ce genre de décomposition ? Ces questions ne sont ni posées, ni résolues.

Précisons encore notre pensée par un autre exemple : au paragraphe 193, les auteurs donnent la démonstration de la formule de Lagrange pour le reste dans la série de Taylor. C'est la démonstration classique en France; la démonstration est accompagnée d'un renvoi, et nous lisons dans la note, au bas de la page : « Ce théorème, qui veut que si $F(z) = 0$ pour $z = a$ et $z = b$, $F'(z) = 0$ pour une certaine valeur de z comprise entre $z = a$ et $z = b$, est connu sous le nom de Théorème de Rolle. Il est évident géométriquement, en

Digitized by Google

construisant un graphique. Évidemment F (z) et F' (z) doivent être continus et finis. » Tel est le texte exact de la note et j'admettrai volontiers qu'on exige de F' (z) d'être continu et fini, bien qu'il suffise que F (z) admette une dérivée finie et bien déterminée ; il y a là une subtilité qui peut ne rien représenter à l'esprit de l'élève et qu'il vaut mieux passer sous silence, si l'on n'est pas décidé à la rendre claire. Mais enfin, le théorème de Rolle, c'est déjà de l'analyse ; et alors, cette notion a beau être fondamentale, on la relègue honteusement dans une petite note. C'est tout à fait caractéristique de l'esprit dans lequel le livre est conçu.

Un paragraphe concerne la limite de $(1 + h)^{\frac{1}{h}}$ quand h tend vers zéro ; les auteurs se contentent d'indiquer grosso modo le caractère général de la démonstration. L'on aura donc mainte fois l'occasion de rencontrer la fonction exponentielle, mais son origine restera obscure. Il aurait fallu recourir à l'analyse mathématique, les auteurs ne l'ont pas voulu.

De même, aucune démonstration pour $\frac{d^2z}{dx\,dy} = \frac{d^2z}{dy\,dx}$.

Ce n'est pas leur procès que je fais, c'est celui de tous ceux qui prétendent qu'on doit et qu'on peut se passer de l'analyse. Je considère cette attitude comme tout à fait néfaste.

Mais, ces réserves faites, hâtons-nous d'ajouter que, dans le domaine où MM. Woods et Bailey se sont volontairement cantonnés, ils ont fait une œuvre intéressante : ne me suis-je pas amusé moi-même à faire quelques-uns de leurs exercices numériques, comme le calcul de sin 46°, par application de la formule de Taylor, avec quatre décimales ? Et, comme toutes les solutions sont données à la fin du volume, j'ai eu la satisfaction d'avoir trouvé juste, et j'en avais je ne sais quelle reconnaissance pour les auteurs. Les calculs numériques sont à envisager comme une sorte de sport, qui ne manque pas d'attrait ; c'est le cas de toutes les difficultés qui ne sont pas insurmontables.

Faut-il ajouter qu'il y a encore quelques erreurs à corriger ? page 178 ex. 2, lire $\frac{1}{y}\frac{dv}{dx}$ au lieu de $\frac{1}{x}\frac{dy}{dx}$; page 184, dans l'expression du rayon de la courbure, au dénominateur il y a un y de trop ;

Digitized by Google

page 235, lire $\int_a^\infty$ au lieu de $\int_o^\infty$; etc., etc. ; en général, ces errata sont évidents et faciles à corriger, mais il faut remarquer que l'on s'adresse à des élèves qu'une erreur peut facilement dérouter. Page 405, c'est à tort que la fonction complémentaire est confondue avec l'équation caractéristique. Ce sont là des détails qui n'enlèvent rien à la valeur de ce très estimable ouvrage.

Nous avons insisté sur le compte rendu de ce cours, non seulement à cause de la question pédagogique fondamentale qu'il soulève, mais encore à cause de son mérite propre, que nous tenons à souligner très sincèrement avant de finir. J.-B. POMEY.

La téléphonie automatique, par H. MILON, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, professeur à l'École supérieure des Postes et Télégraphes. Paris, Gauthier-Villars, 1926. 1 vol. in-8° de 414 pages et 175 figures.

Le nouvel ouvrage que M. Milon vient de consacrer à la téléphonie automatique est certainement l'un des mieux documentés qui puissent exister sur cette matière. L'auteur a été, en effet, l'un des premiers ingénieurs français qui se soient occupés de la téléphonie automatique, et il en avait écrit un premier traité dès l'année 1914. Toute la brillante carrière de M. Milon s'est passée dans la téléphonie et, si l'on pouvait lui faire un reproche dans la composition de son nouvel ouvrage, ce serait de ne pas avoir fait état de son titre de directeur de l'exposition téléphonique au ministère des Postes et Télégraphes, pour ajouter à son exposé une preuve d'autorité indiscutable.

Au moment où l'administration des Postes et Télégraphes, après avoir mis en service plusieurs bureaux téléphoniques automatiques dans les grandes villes de province, prépare l'aménagement de la téléphonie automatique dans l'énorme agglomération parisienne ; au moment où l'industrie française a été appelée à fournir des projets complets pour la réalisation de cet immense travail et où les services compétents de l'administration viennent de fournir un long effort d'étude pour aider à fixer le choix de celle-ci ; au moment donc où la téléphonie automatique prend une importance si considérable, les

Digitized by Google

personnes qui veulent s'initier seront bien aises de trouver un ouvrage précis, de lecture facile, parfaitement à jour de tous les perfectionnements, et contenant l'exposé rationnel des fonctions à satisfaire.

Il est certain, comme le reconnaît M. Milon, que la plupart des systèmes de téléphonie automatique n'ont pas encore acquis leur forme définitive ; mais il est cependant nécessaire d'en adopter un certain type pour chaque exploitation particulière et de considérer ce type comme fixé pour un certain temps dans ses traits généraux ; à ce point de vue, nous considérons que les types décrits par M. Milon sont certainement ceux que le public français sera le plus communément appelé à voir fonctionner dans les années qui vont venir et par conséquent ceux au sujet desquels sa curiosité aura le plus besoin d'être satisfaite. Il est bien entendu qu'il ne s'agit pas ici d'un ouvrage de vulgarisation, mais d'un traité technique, au sens le plus complet de ce mot. Nous sommes cependant heureux de signaler un mérite assez rare dans les ouvrages de cette espèce, à savoir, sans avoir rien négligé dans l'exposé des difficultés techniques, d'être resté parfaitement accessible dans les explications.

Ajoutons quelques mots dans un autre ordre d'idées. Ceux qui portent la responsabilité d'une exploitation ne voient pas toujours les mécanismes sous le même aspect que les techniciens. Ils ne sont pas séduits uniquement par l'ingéniosité ou par des résultats de laboratoire ; ils veulent au contraire mettre le doigt sur les points faibles qui se révèlent à la pratique et qui auront besoin d'être améliorés. Aussi doit-on lire avec la plus grande attention les dernières pages que M. Milon a consacrées à la conclusion de son étude sur la téléphonie automatique ; il y a là, énoncées avec toute la prudence qui convient, beaucoup de remarques importantes et tout un programme d'application pratique.

« Ce qui importe le plus, aujourd'hui, dit l'auteur, c'est l'étude patiente et minutieuse du perfectionnement de détail, la recherche classable de la meilleure spécification de la matière première, de la meilleure forme à donner à chaque pièce. » Les industriels le savent bien, mais ces idées ont besoin de pénétrer plus profondément dans la masse de ceux qui s'intéressent à la téléphonie automatique.

E. Reynaud-Bonin.

Digitized by Google

Le Génie civil, revue générale hebdomadaire des industries françaises et étrangères. — 90 francs par an. — Administration : 6, rue de la Chaussée d'Antin, Paris.

Nous avons, à plusieurs reprises, appelé l'attention de nos lecteurs sur diverses revues américaines, peu répandues en France ; mais il paraîtra sans doute parfaitement inutile de leur signaler le *Génie civil*, qui est universellement connu et apprécié. Si toutefois nous parlons ici de cette revue, c'est que, peut-être, on ne sait pas assez qu'elle contient bien souvent des informations relatives à l'électricité ou même à la télégraphie et à la téléphonie, et qu'à ce titre elle mérite d'être consultée par tous ceux qui s'intéressent à l'art des télécommunications. Si notre pensée devait être précisée par un exemple, nous prendrions un numéro au hasard, le dernier que nous avons entre les mains au moment où nous écrivons, celui du 24 avril 1926, qui paraît, au premier abord, étranger aux préoccupations habituelles de nos lecteurs, puisque les articles de fond sont consacrés à un pont en arc, en béton armé de fonte et fretté, à Gmünden (Autriche), à l'accélération de la consommation des carburants, avec les moyens d'y faire face, à un tachéomètre à lecture directe pour la détermination rapide des distances horizontales et des différences de niveau, au freinage par récupération dans la traction par courant continu, aux cellules électrolytiques Allen Moore pour l'électrolyse du sel marin ; mais les *Variétés* nous renseignent sur les progrès de l'électrification des chemins de fer aux États-Unis en 1925, question toute d'actualité pour les P.T.T. ; le *Compte rendu des sociétés savantes* note l'importante contribution de M. André Blondel à la théorie de l'arc musical chantant, où l'auteur détermine l'amplitude des oscillations, en tenant compte de la courbure de la caractéristique et de la capacité calorifique des électrodes ; enfin, sous la rubrique *Chemins de fer*, nous sommes très succinctement mais très exactement renseignés sur l'emploi de la radiophonie dans l'exploitation des chemins de fer : on sait que des recherches de ce genre, commencées par le Service d'études de l'administration des P.T.T. avec l'aide des chemins de fer de l'État, sur l'initiative du ministre des travaux publics et de feu M. Dennery, ont dû être abandonnées pour des études plus urgentes concernant l'automatique ; mais la compagnie d'Orléans les poursuit

Digitized by Google

pour son compte. Nous lisons encore dans ce même numéro un résumé très bien fait des progrès de la radiophonie d'amateurs aux États-Unis en 1925 (superhétérodyne ; reflex harmonique 2 ; pallophotophone ; panatrope ; perfectionnement à l'enregistrement sur les disques phonographiques ; emploi de la pile photoélectrique ; reproduction en haut-parleur par l'intermédiaire d'un pick-up et d'un amplificateur avec haut-parleur de modèle spécial). Évidemment, le lecteur se reportera, pour cette matière, au numéro original de la *General electric review* ; mais n'est-ce pas déjà beaucoup d'avoir été ainsi averti et tenu au courant ? J.-B. P. (24 avril 1926).

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

OCT 5 1926

15e ANNÉE. — N° 9 SEPTEMBRE 1926. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS. V^e^.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

Le ménage des postes et des télégraphes suisses, par Reinhold Furrer, directeur général des Postes et Télégraphes suisses. 745

Localisation des ruptures dans les fils télégraphiques, par J. Voisenat, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes en retraite 777

Contribution à la théorie du transformateur téléphonique, par J. Carvallo, agrégé et docteur ès sciences, chef de laboratoire à la Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance, et H. Renault, ingénieur E.S.E., attaché au laboratoire de la Société pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance 788

Informations. — Doctorat ès sciences.

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

LE MÉNAGE DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES SUISSES (1),

Par REINHOLD FURRER,
Directeur général des Postes et des Télégraphes suisses.

MESSIEURS,

1. Administration générale de la Confédération suisse et chemins de fer fédéraux. — Si vous consultez une cote de bourse suisse, vous trouverez au premier rang de nos obligations d'État celles de la Confédération, lesquelles se divisent en deux groupes : les emprunts de la Confédération proprement dits et les emprunts des chemins de fer fédéraux. Cette division ne doit cependant pas être interprétée en ce sens que la Confédération et les chemins de fer fédéraux sont deux débiteurs différents. Si les chemins de fer fédéraux jouissent, il est vrai, d'une certaine individualité administrative et financière, ils ne sont toutefois pas investis de la personnalité morale. Dans les deux cas, c'est la Confédération elle-même qui emprunte et qui est débitrice. La distinction qui est faite entre emprunts de la Confédération et emprunts des chemins de fer fédéraux consiste principalement en ce que les uns sont appelés à faire face aux besoins de trésorerie de l'*administration générale de la Confédération* et les autres aux besoins analogues des *chemins de fer fédéraux*. Il y a lieu d'ajouter qu'actuellement la dette publique suisse atteint 2,1 milliards pour le premier groupe et 2,5 milliards pour le second. Ces deux sortes d'emprunts fédéraux correspondent ainsi aux deux organisations précitées, qui, on le sait, constituent notre administration fédérale d'État.

On pourrait être tenté de rechercher la cause de cette divi-

(1) Conférence donnée le 8 mars 1926 devant la Société de statistique et d'économie politique de Bâle.

Digitized by Google

sion dans le fait que, par administration générale de la Confédération, on entend l'ensemble de l'appareil gouvernemental et supérieur, par opposition aux chemins de fer fédéraux, où la Confédération n'apparaît que comme propriétaire d'une entreprise de transports. Cette manière de voir ne serait toutefois pas exacte, car l'administration générale de la Confédération comprend aussi des branches de service auxquelles des compétences gouvernementales n'ont pas été déléguées ou ne l'ont été qu'incidemment, et qui, à l'instar des chemins de fer fédéraux, constituent essentiellement des entreprises fédérales à caractère économique. Au premier rang de ces branches de service figurent l'administration des postes et l'administration des télégraphes. Toutes deux sont, il est vrai, des autorités ayant le pouvoir d'accorder des concessions, et qui, en cette qualité, exercent des droits de surveillance supérieure. Cette tâche est toutefois d'un ordre purement secondaire, comparée à l'exploitation des postes et à celle des télégraphes et téléphones. L'exploitation postale comprend le service des voyageurs, des lettres, de la messagerie, des encaissements, des paiements et comptes de chèques ; l'exploitation télégraphique, la transmission des télégrammes et l'échange des communications téléphoniques. Dans ces domaines, les deux administrations ont pour mission de satisfaire directement aux besoins de la population. Elles s'engagent, envers des tiers, à effectuer des prestations rétribuées, et ces prestations ont, pour ceux qui les réclament, une valeur économique qui sert aussi de base au calcul du prix demandé. D'après le but et la nature des services qu'elles assurent, l'administration des postes et l'administration des télégraphes sont, par conséquent, plus étroitement apparentées aux chemins de fer fédéraux qu'à n'importe quelle autre branche administrative de la Confédération.

2. **Administration fédérale et entreprises d'Etat.** — Si l'on voulait fractionner *systématiquement* l'appareil administratif fédéral, il faudrait tirer une ligne de démarcation entre les divisions fédérales qui assument surtout des tâches gouvernemen-

Digitized by Google

tales, et les entreprises économiques créées pour exercer une activité en propre. Le premier groupe, avec les établissements auxiliaires qui en dépendent, comme la monnaie, la fabrique d'armes, etc., peut être considéré comme l'*administration d'État* au sens étroit du terme. Ce groupe réunit toutes les autorités chargées d'assurer les fonctions gouvernementales proprement dites, tandis que les entreprises de transports et de communications de la Confédération suisse, ainsi que ses entreprises commerciales monopolisées, forment le groupe des *entreprises d'État*, que l'on peut aussi concevoir sous une forme autre que celle de l'exploitation par l'État.

Dans le groupe des autorités à fonctions gouvernementales proprement dites viennent, par exemple, se ranger l'administration fédérale des contributions et l'administration des douanes. Elles sont essentiellement chargées du recouvrement des contributions d'État, et leur rôle principal consiste à trouver les ressources nécessaires à l'accomplissement des obligations générales qui incombent à la Confédération. D'autre part, les péages deviennent de plus en plus un moyen et l'administration des douanes un organe exécutif de la politique économique générale. Ces deux administrations ne sont toutefois pas des entreprises économiques propres comme les entreprises de transports et de communications qui, en échange de leurs recettes, doivent elles-mêmes rendre des services immédiats et remplir ainsi, de leur propre chef, la tâche qui leur incombe au point de vue de l'économie publique et du progrès.

3. Situation organique de l'administration des postes et de l'administration des télégraphes. — Les raisons qui ont conduit à faire la distinction usuelle entre administration générale de la Confédération et chemins de fer fédéraux sont moins d'ordre systématique que d'ordre *organique*. Elles procèdent de la large individualité administrative et financière dont jouissent les chemins de fer, individualité administrative et financière qui n'a encore jamais été accordée dans une pareille mesure à une autre branche d'administration.

Digitized by Google

Du seul point de vue de l'activité, il n'y aurait aucun motif intrinsèque de maintenir les P.T.T. dans l'administration générale de la Confédération, aux côtés de divisions poursuivant des buts totalement différents, telles que les autorités fiscales, douanières et militaires, alors que les chemins de fer fédéraux, eux, sont indépendants de cette administration. Toutefois, les questions d'organisation ne sont pas simplement des problèmes de systématisation logique, mais, le côté politique mis à part, elles tendent, avant tout, à obtenir le maximum de rendement avec les moyens les plus simples. Pour les résoudre, on devrait pouvoir tabler beaucoup plus que ce n'est généralement le cas dans les administrations publiques, sur les aptitudes des personnes dont on dispose pour mener dans chaque cas une tâche à bonne fin.

Le cadre de notre étude ne nous permet pas de préciser davantage la situation organique des P.T.T. dans le machinisme de l'État. Nous devons nous contenter de relever que la direction supérieure de ces deux entreprises se trouve être incorporée dans l'administration générale de la Confédération, ce qui n'est pas le cas pour les chemins de fer fédéraux.

4. Principe du ménage particulier aux P.T.T. — Nous avons effleuré cette question d'organisation pour pouvoir mieux aborder celle, qui nous intéresse plus spécialement, de savoir si l'administration des P.T.T. doit entretenir *un ménage propre*. La première de ces questions ne résout pas d'emblée la seconde. Si, déjà pour des raisons d'opportunité, la direction supérieure de l'entreprise fait partie intégrante de l'administration générale de la Confédération, d'autres raisons pourraient être invoquées pour séparer dans une certaine mesure du ménage fédéral au moins la comptabilité et l'actif des P.T.T. et leur donner une individualité analogue à celle des chemins de fer fédéraux. Les considérations déterminantes à cet égard sont les suivantes :

Le fait que, à l'instar des chemins de fer, la poste, le télégraphe et le téléphone se font rétribuer leurs services, les oblige

Digitized by Google

plus ou moins à baser leur système financier sur le principe consistant à se *suffire à soi-même*, c'est-à-dire à faire en sorte que le produit des taxes et droits perçus sur les usagers de ces entreprises couvrent, pour le moins, les frais des services rendus. Si l'on déroge à ce principe et que les dépenses ne sont pas couvertes, le déficit doit être comblé par des avances de la caisse d'État fédérale. Il en résulte que le contribuable doit participer à des dépenses que les entreprises publiques ont cependant effectuées exclusivement dans l'intérêt privé et commercial d'un certain nombre de personnes. Inversement, les excédents de recettes par trop importants qui, réalisés sur des taxes et droits dépassant le prix des prestations, seraient remis au fisc pour être affectés à la couverture de dépenses d'intérêt général, devraient être considérés comme impôts indirects sur le trafic. Pour éviter l'un et l'autre cas, il faut en tout premier lieu pouvoir déterminer les conditions financières d'une entreprise de ce genre et établir si elle travaille à perte ou avec bénéfice, que cette entreprise s'appelle chemin de fer, poste, télégraphe ou téléphone, et quelle que soit son organisation. L'actif et le rendement ne peuvent toutefois être exactement évalués que si l'entreprise est exploitée pour elle seule, en ménage propre, avec une tenue de comptabilité aussi précise que possible et conforme aux données de la science sur la matière.

Si la question touchant l'organisation de la direction de l'entreprise a pu être considérée comme une question de pure opportunité à résoudre pour une entreprise de transport d'État soit d'après le modèle des chemins de fer fédéraux, soit d'après celui des P.T.T., soit d'une autre manière, la question des comptes, en revanche, n'admet qu'une seule solution compatible avec le caractère et le but d'une entreprise de transport : entretenir un ménage propre, avec compte de profits et pertes et bilan.

Pour être complet, il faut ajouter que cette solution n'est pas synonyme d'*autonomie financière*. En effet, l'ouverture des crédits budgétaires, le contrôle des dépenses et l'approbation des comptes continuent à ressortir aux instances qui, dans le

Digitized by Google

ménage général de la Confédération, sont compétentes à cet égard.

5. **Evolution vers un ménage propre.** — L'idée que, pour administrer rationnellement les P.T.T., il serait nécessaire de séparer leurs comptes du compte général de la Confédération ne s'est fait jour que très lentement. Cette idée n'est pas encore répandue d'une manière générale, loin de là. Le principe, il est vrai, en a été reconnu dans maints États, mais son exécution laisse encore quelque peu à désirer. Ainsi, la France n'a reconnu qu'en 1923, par sa loi de finances du 30 juin, et l'Allemagne qu'en 1924, par sa loi de finances postales du 18 mars, la nécessité de séparer la comptabilité des P.T.T. du compte d'État général. Il a fallu, dans ces deux pays, l'ébranlement des finances de l'État pour que ce progrès se réalisât.

En Suisse, c'est d'abord la disposition de la première Constitution fédérale, selon laquelle les cantons participaient aux bénéfices des postes, qui eût pu montrer le vrai chemin à suivre. De fait, les postes fédérales essayèrent, dès le début, de tenir en propre un compte du produit net. Toutefois, les sommes de recettes et de dépenses des rubriques du compte postal devaient figurer parallèlement dans le compte général de la Confédération, vu que l'on tenait à avoir un aperçu général des recettes et des dépenses de l'État. C'est pour cette raison que, pendant des dizaines d'années, le compte dit du produit net des postes en resta à la forme du début. C'est à M. le conseiller national Speiser que revient le mérite d'avoir éclairci cette question chez nous, en formulant, au cours de la discussion de la loi sur les postes suisses en 1909, les propositions que voici :

« Art. 62 *bis*. La comptabilité de la poste sera séparée de la comptabilité générale. Le capital d'établissement de la poste est fixé sur la base du compte d'État de 1908 et constitue un avoir de la Caisse fédérale, dont la poste doit fournir les intérêts; la Caisse fédérale fait à la poste, pour ses dépenses, les avances nécessaires. Ces avances portent intérêt à un taux qui est déterminé par le Conseil fédéral.

« Art. 62 *ter*. Le produit net de la poste, composé de l'excédent des recettes d'exploitation sur l'ensemble des dépenses qu'entraînent l'exploitation, l'entretien des bâtiments, le compte du matériel, le service des inté-

Digitized by Google

rêts du capital d'établissement, les autres avances, ainsi que l'amortissement convenable des immeubles et du compte du matériel, est acquis à la Caisse fédérale. Le Conseil fédéral fixe le chiffre des amortissements ; ceux-ci sont déduits du capital d'établissement et sont également acquis à la Caisse fédérale. »

Ces propositions furent repoussées, pour des considérations de forme, il est vrai, parce qu'on ne voulait pas, par une séparation légale de la comptabilité de la poste, anticiper sur la réorganisation de la comptabilité générale de la Confédération. Par contre, les opinions que comportaient les propositions rencontrèrent l'approbation générale, qui trouva son expression dans les paroles, reproduites ci-après, que prononça le président de la commission du Conseil national :

« La Commission reconnaît d'emblée que les propositions formulées par M. Speiser sont justifiées en principe. Le système de comptabilité actuel n'est pas correct dans tous ses éléments ; il est du reste critiqué depuis longtemps déjà par la Commission des finances. Aussi est-il fortement désirable de le modifier. Le compte postal doit être établi séparément, afin que l'on puisse se faire une idée exacte des recettes et des dépenses de cette entreprise, comme aussi du produit net qui résulte de l'ensemble de l'exploitation. » Le rapporteur français ajouta que, même si la loi sur les postes ne s'occupait pas de comptabilité, il serait toujours loisible au Conseil fédéral et aux Chambres de réformer les bases du système de comptabilité par décisions spéciales.

La voie était ainsi ouverte au développement de l'idée. Toutefois, c'est en 1922 seulement que l'on se décida à ne plus comprendre dans le compte général de la Confédération que le solde actif ou passif des P.T.T. Ce n'est que depuis ce moment-là que les entreprises des P.T.T. possèdent, en matière de comptabilité, un schéma indépendant de celui adopté pour le compte général de la Confédération, ce qui est nécessaire pour l'adoption d'un système basé sur leurs besoins spéciaux et permettant une analyse des détails du ménage.

Depuis lors, et d'année en année, on s'est appliqué à com-

Digitized by Google

pléter ce schéma. La dernière innovation importante date de 1926, année à partir de laquelle les immeubles acquis par la Confédération pour les P.T.T. figureront, eux aussi, comme capitaux engagés, dans les bilans de ces entreprises.

6. Systèmes de comptabilité. — Après la question de la séparation des comptes P.T.T. d'avec le compte d'État général se pose celle de la *forme de la comptabilité*. Là-dessus, tant en théorie qu'en pratique, les opinions sont fort divergentes. Un point depuis longtemps et encore aujourd'hui discuté, est de savoir si une comptabilité *camérale* est suffisante ou si la comptabilité *commerciale* doit lui être préférée.

Il serait certes plus juste, une fois reconnue la nécessité de comptes périodiques de profits et pertes et de bilans, de partir de l'idée que le but de ceux-ci sera véritablement atteint non seulement par le jeu des chiffres, mais par la possibilité de donner toujours une image exacte de la situation financière et d'être clôturés en tout temps d'une manière simple et systématique. A cet égard, il y a certainement lieu d'envisager sous un même aspect les comptes de profits et pertes et les bilans des entreprises commerciales, d'une part, et ceux des entreprises publiques, d'autre part. On ne voit pas non plus pourquoi l'on pourrait faire, au point de vue notion, une distinction entre le bénéfice net d'une entreprise publique et celui d'une entreprise commerciale, à moins que, dans l'entreprise publique, l'on ne veuille précisément déterminer non le bénéfice net, mais un excédent de caisse ou un solde de compte quelconques. Si, cependant, c'est le bénéfice net que l'on se propose de faire ressortir, seule l'application des méthodes comptables que le commerçant a élaborées à cet effet, permettra d'atteindre ce but d'une façon rationnelle et sûre.

Comme, présentement, il est difficile de trouver deux pays où les comptes des P.T.T. soient établis et clôturés d'après les mêmes principes, il est presque impossible de comparer entre eux les résultats financiers des diverses administrations. Dans la plupart des cas, seuls les excédents d'exploitation sont indi-

Digitized by Google

qués, mais les non-initiés ne savent pas ce qu'il faut y ajouter ou en retrancher pour établir le bénéfice net.

7. Introduction progressive du système de la comptabilité commerciale. — L'administration des postes suisses a fait en 1910, et l'administration des télégraphes en 1916, le pas décisif pour remplacer la comptabilité camérale par la comptabilité commerciale. Depuis ce moment-là, les comptes des deux administrations se divisent en comptes de résultats et comptes d'immobilisations. Les établissements d'exploitation ne tiennent qu'une comptabilité simple avec bilan, qui sert de base à la comptabilité en partie double de l'administration centrale. Cette méthode a été vérifiée, en 1923, par la *Société fiduciaire suisse* de Bâle, qui l'a trouvée appropriée. Dans la forme nouvelle qu'elle revêtira dès cette année, la comptabilité de l'administration des télégraphes sera établie de manière à fournir en tout temps un aperçu de la situation financière et à désigner les groupes ou branches de service qui travaillent avec bénéfice ou à perte. Pour que les opérations comptables puissent être effectuées le plus économiquement possible, à l'aide des machines arithmétiques les plus modernes, d'où gain de temps et de personnel, elles sont centralisées à la direction générale des télégraphes. Les offices d'exploitation et de construction n'adressent au service central de la comptabilité que de simples relevés de leurs recettes et de leurs dépenses. Au moyen d'une machine « Hollerith », ce service établit ensuite la comptabilité en comptes séparés d'exploitation, de profits et pertes, d'établissement et de matériel, par rubriques principales et auxiliaires, par services télégraphique, téléphonique et radioélectrique, et, enfin, par groupes de réseaux, réseaux locaux et travaux de construction.

Le schéma que les P.T.T. appliquent à leurs comptes depuis 1923 est, dans ses grandes lignes, calqué sur celui prescrit pour les chemins de fer. Le compte de résultats comprend de ce fait deux parties : le compte d'exploitation et le compte de profits et pertes. Le premier de ces comptes renferme les

Digitized by Google

dépenses courantes pour frais généraux de personnel et de matériel, ainsi que les recettes d'exploitation. Son excédent se reporte au compte de profits et pertes, en regard des sommes qui figurent au doit pour les frais de capitaux, c'est-à-dire des charges d'intérêt, et pour les amortissements nécessaires des installations d'exploitation. Seul l'arrêté du compte profits et pertes indique le bénéfice net, qu'il ne faut donc pas confondre avec l'excédent du compte d'exploitation.

8. Amortissements. — Une des caractéristiques de la comptabilité commerciale, c'est la manière objective d'opérer les amortissements. Pour que le solde du compte de profits et pertes ne représente pas un excédent quelconque, mais mérite bien la désignation de bénéfice net, c'est-à-dire d'augmentation de l'avoir, il importe en tout cas d'inscrire dans le compte, comme diminution de l'actif, toute la dépréciation consécutive à l'usure et au vieillissement des installations d'exploitation. D'après le principe purement caméral, non seulement les frais d'exploitation, mais aussi les dépenses de premier établissement sont imputés sur les recettes d'exploitation, de sorte que toutes les installations sont complètement amorties dès le début. Cette méthode primitive tombe d'elle-même aussitôt que les recettes d'exploitation ne suffisent plus pour couvrir à la fois les dépenses d'exploitation et les frais de premier établissement. Dès ce moment-là s'impose la méthode commerciale plus exacte, suivant laquelle le compte de profits et pertes n'est débité, en règle générale, que de la quote-part des frais d'une installation correspondant à la proportion entre la période comptable et la durée totale de cette installation.

Dans l'administration des P.T.T. ces quotes-parts sont versées au *fonds dit de renouvellement*. Ce fonds figure au passif du bilan et compense la diminution de valeur que subissent les installations qui, elles, continuent à être portées à l'actif pour la somme de leur coût primitif. C'est au moment seulement où l'usure ou des progrès techniques obligent à enlever une installation que celle-ci est amortie ; le fonds de renouvellement

Digitized by Google

doit alors comprendre un montant correspondant à la valeur d'inventaire de cette installation, afin de permettre l'amortissement complet de l'objet en une fois. En somme, ce fonds devrait donc plutôt s'appeler *fonds d'amortissement* que fonds de renouvellement. Il résulte sans autre de sa destination qu'il n'a pas besoin d'être effectif, car il satisfait déjà à son but comme simple article comptable. En principe, son rôle n'est pas de fournir les moyens nécessaires à l'achat des objets de remplacement, mais simplement de compenser l'amortissement des installations disparues.

L'administration des postes possède actuellement, en regard d'une valeur d'inventaire de 19 millions, sans les bâtiments, un fonds d'amortissement de 12 millions = 63 %; pour l'administration des télégraphes, ces chiffres sont respectivement de 348 millions, sans les bâtiments, pour le compte d'établissement et de 115 millions = 33 % pour le fonds de renouvellement. Il est à remarquer à ce sujet que la moitié à peu près de toutes les dépenses de l'administration des télégraphes ont été faites au cours de ces cinq dernières années seulement et qu'elles se rapportent, par conséquent, à des installations de date relativement récente.

Tandis qu'aux chemins de fer le fonds de renouvellement n'est appelé à couvrir que les dépenses concernant la superstructure, le matériel roulant et le mobilier, et que les montants d'amortissement des autres installations à faire disparaître n'est versé que lorsque ces installations doivent être sorties de l'inventaire, à la poste et au télégraphe, en revanche, toutes les installations, des bâtiments jusqu'au mobilier — les terrains exceptés —, dont on sait par expérience qu'elles ne suffiront plus au bout d'un certain temps, sont comprises dans le fonds de renouvellement.

9. Besoins de trésorerie. — L'administration des postes et tout spécialement celle des télégraphes, ont besoin de capitaux considérables pour acquérir les installations et objets d'inventaire nécessaires au fonctionnement de leurs services. Ces

Digitized by Google

capitaux leur sont avancés par la Caisse d'État qui, de son côté, se les procure par voie d'emprunt. De même que la Caisse d'État doit payer un intérêt pour les emprunts qu'elle contracte, de même les administrations des P.T.T. doivent servir, pour le capital de dotation reçu, un intérêt fixé de manière à éviter à la Caisse d'État toute perte pouvant résulter de ce rôle d'intermédiaire. Le taux de l'intérêt doit donc être tel que la Caisse d'État soit couverte de ses propres frais. Il est actuellement de 5 1/2 %. Ces intérêts passifs doivent, à leur tour, être portés au débit du compte de profits et pertes, avant que l'on puisse parler de bénéfice net. Pour l'administration des télégraphes, par exemple, ces intérêts atteignaient, en 1925, la somme de 12 millions.

Le fait que le fonds de renouvellement, comme du reste aussi le fonds d'assurance contre l'incendie, le fonds d'assurance contre les accidents et le fonds de réserve remplissent déjà pleinement leur rôle comme simples articles de comptabilité, permet aux deux administrations d'affecter également à l'acquisition d'objets d'inventaire l'argent liquide provenant de l'alimentation de ces fonds. De là vient que, à fin 1925, l'administration des postes avait remboursé à la Caisse d'État la totalité des 19 millions de francs représentant la valeur primitive de ces installations ; de son côté l'administration des télégraphes n'était plus débitrice que de 251 millions = 66 % sur les 348 millions qu'atteignait la valeur d'acquisition des siennes. En réalité, ce sont les fonds précités qui ont fourni les sommes nécessaires pour les acquisitions nouvelles, ce qui a permis aux administrations de couvrir elles-mêmes, à l'aide de ces réserves, une partie de leurs besoins de capitaux, sans être obligées de contracter de nouvelles dettes. L'administration des télégraphes, par exemple, bien qu'ayant engagé à nouveau 44 millions en 1925, n'a dû emprunter que 8 millions. Il est probable qu'à partir de 1928, les versements annuels à ces fonds lui permettront de couvrir complètement ses dépenses pour installations nouvelles.

En revanche, *les dépôts en service de chèques postaux* ne sont, en principe, pas immobilisés, pas même partiellement,

Digitized by Google

pour l'achat d'objets d'inventaire ; ils sont, au contraire, tenus à disposition sous forme de valeurs facilement réalisables, de prêts à court terme à des banques et d'avoir en compte-courant auprès du département des finances. La demande de remboursement de ces dépôts est très forte. Ainsi le 5 janvier 1925, l'avoir des comptes de chèques s'élevait à 172 millions, dont 56 millions furent déjà retirés jusqu'au 28 février suivant. Cette somme considérable a donc dû être réalisée dans l'espace de deux mois à peine, opération rendue possible grâce surtout à l'avoir en compte-courant auprès du département fédéral des finances. Le plus fort excédent des paiements comptants sur les encaissements effectués au cours d'une même journée de l'année 1925 s'est élevé à 7 1/2 millions. Cet excédent journalier a même déjà atteint le chiffre de 8,2 millions dans le courant du présent exercice.

Comme les intérêts actifs et passifs du service des chèques constituent un élément important de ce service et que, par conséquent, ils doivent être considérés comme des recettes et des dépenses d'exploitation, ils ne sont pas comptabilisés avec les intérêts du compte de profits et pertes, mais portés au compte d'exploitation.

10. Les P.T.T., source de recettes de la Confédération. — Après clôture du compte de profits et pertes se pose la question particulièrement importante de l'emploi des bénéfices et de la couverture des déficits éventuels. Le principe du règlement de cette question diffère pour les chemins de fer fédéraux, d'une part, et pour les P.T.T., d'autre part.

Aux chemins de fer fédéraux, l'augmentation de l'actif résultant d'un exercice reste intégralement acquise à l'entreprise. Une partie de cette augmentation est destinée à l'amortissement des emprunts et l'autre partie versée à un fonds de réserve. Si, pendant 5 années successives, ces versements au fonds de réserve dépassent un certain montant, les conditions de transport doivent être allégées. Les chemins de fer fédéraux ne versent aucun dividende à l'État. En revanche, les pertes

Digitized by Google

annuelles qu'ils pourraient subir restent à la charge de l'entreprise, qui devra les combler elle-même à l'aide du fonds de réserve et des bénéfices futurs.

Aux termes de la Constitution, les P.T.T. appartiennent, par contre, aux sources de revenus de la Confédération, d'où sont tirés les moyens nécessaires pour couvrir les dépenses générales de l'État. Ces entreprises doivent donc verser leurs bénéfices nets à la Caisse fédérale qui, inversement, supporte les pertes lorsque leurs exercices sont déficitaires.

Il ne faut toutefois pas déduire de ce rôle de tributaire que les P.T.T. sont des institutions fiscales et non avant tout des entreprises créées pour les transports et communications. Leur but immédiat est de rendre à la vie économique du pays les services qu'on peut attendre et exiger d'elles dans un État dont la civilisation est avancée. De là résulte naturellement une limitation non définie de l'assujettissement fiscal. Cette restriction, inhérente au caractère même de la chose, est, du reste, implicitement prévue par la Constitution (art. 36, 2 et 3), laquelle, d'une part, fait bien rentrer dans la Caisse fédérale le produit des P.T.T., mais prescrit, d'autre part, que les tarifs seront fixés d'après des principes aussi équitables que possible. C'est ainsi qu'aux P.T.T. s'est établie une règle de droit coutumier analogue à celle légalement fixée pour les chemins de fer, règle stipulant que les bénéfices ne doivent pas dépasser une certaine limite et que si tel est néanmoins le cas pendant plusieurs années consécutives, une compensation sous forme de réductions de taxes ou d'améliorations de service est indiquée.

Une sage administration financière implique l'obligation de veiller à ce que l'équilibre entre les dépenses et les recettes soit maintenu en tout état de cause. Si l'on songe que les recettes d'exploitation du service des P.T.T. suivent toutes les fluctuations de la situation économique générale du pays, sans que la direction de l'entreprise ait le pouvoir de réduire immédiatement les dépenses en cas de diminution subite des recettes, on conviendra que ces entreprises ne peuvent parer aux déficits des mauvaises années que si elles ont réalisé des bénéfices dans les

Digitized by Google

périodes favorables précédentes. Ces bénéfices doivent normalement être assez élevés pour laisser une marge suffisante et donner l'assurance qu'il ne sera pas nécessaire de ramener le produit au dessous de zéro lorsque des revers surviendront. Un critère de cette marge réside, par exemple, dans le fait qu'un simple recul de 1 °/₀ dans la vente de timbres se traduit déjà, pour l'administration des postes, par une diminution annuelle de recettes de plus de 1 million. En supposant le trafic postal ramené au chiffre de l'année 1922, l'énorme diminution que subiraient les recettes serait de 10 1/2 millions. En ce qui concerne les résultats de l'administration des postes pour l'exercice courant, on ne devra pas oublier non plus que les augmentations périodiques de traitements, ainsi que les primes plus élevées dues à la caisse d'assurance, occasionneront, à elles seules, une dépense en plus de 3 millions pour l'année 1927.

Quand les affaires sont prospères et qu'elles sont gérées avec prudence, la réalisation de bénéfices doit être considérée, dans une certaine mesure, comme un résultat normal, et les P.T.T. peuvent, par ce moyen, contribuer à couvrir les dépenses de l'État sans que, pour autant, on puisse prétendre que ces monopoles sont exploités dans un but fiscal. De fait, jamais le fisc fédéral n'a émis à leur égard des prétentions plus étendues. Le plus fort versement effectué par la poste avant la guerre fut de 4,5 millions; le versement maximum de l'administration des télégraphes, qui concernait l'année 1917, s'élevait à 7,9 millions, ce qui n'empêcha pas, 4 années plus tard seulement, l'exercice de 1921, année de crise, de boucler par un déficit de presque 2 millions.

Il faut espérer, dans l'intérêt du trafic, qu'à l'avenir aussi la nécessité d'accentuer la fiscalité de ces entreprises au delà de ces limites ne se présentera pas ou tout au moins pas d'une façon durable. On ne saurait toutefois ignorer complètement que la guerre a précipité la poste dans une période déficitaire de 9 années, de 1914 à 1922, et que les déficits de ces années de guerre ont atteint un total de 107 millions. Ces découverts considérables ont dû être comblés par la Caisse d'État qui, par contre, pen-

Digitized by Google

dant les 51 années qui se sont écoulées de 1875 à 1925, n'a reçu des versements que pour 92 millions. Bien que ces déficits postaux doivent, en grande partie, être compris dans les charges que la guerre a fatalement imposées à notre pays, charges qui doivent être amorties en premier lieu par l'impôt de guerre extraordinaire, il n'en paraît pas moins indiqué de les prendre aussi dans une certaine mesure en considération pour la fixation des bénéfices annuels à verser au fisc fédéral.

11. Réserves prélevées sur le bénéfice net. — Une autre question importante est de savoir quelles réserves peuvent être prélevées sur le produit net en vue de la consolidation financière des deux entreprises, et quel est finalement le bénéfice net *restant* qui doit être versé au fisc. Alors que les chemins de fer fédéraux conservent la totalité de leurs bénéfices nets, il ne peut être question, pour les P.T.T., que d'examiner si tout au moins une fraction du bénéfice net ne devrait pas être mise en réserve.

Par une semblable mesure, ces entreprises pourraient aussi se constituer une fortune propre et l'affecter au remboursement de leurs dettes. Leurs intérêts passifs seraient diminués, les possibilités de gain futur seraient augmentées, et les perspectives d'abaisser les taxes et d'introduire des facilités s'en trouveraient améliorées. Cela montre que la création de réserves prélevées sur les bénéfices est bien conforme à l'esprit de la disposition constitutionnelle, qui tend à l'adoption de bases tarifaires aussi équitables que possible. S'il s'élevait des doutes à cet égard, ils ne pourraient pas être fondés sur le principe ; mais tout au plus sur la question de quotité des prélèvements.

La question de la constitution d'un *fonds de réserve* est résolue affirmativement depuis 1924, tant pour l'administration des postes que pour celle des télégraphes. Il est prévu de créer pour chacune d'elles un modique fonds de réserve destiné à parer aux revers éprouvés en temps de crise, lorsque les recettes baissent et que les déficits sont inévitables, et à empêcher que les déficits des P.T.T. ne grèvent de nouveau le compte d'État. A la poste, le fonds de réserve ne s'élevait à fin 1925

Digitized by Google

qu'à 2 millions, auxquels il faut ajouter, il est vrai, une réserve tacite d'un montant à peu près égal, comprise dans les valeurs en portefeuille du service des chèques. Par contre, l'administration des télégraphes n'a pas encore été en mesure de doter un fonds de réserve, tous ses bénéfices nets devant, pour le moment encore, être affectés à l'amortissement des pertes subies, il y a quelques années, sur les approvisionnements de matériel.

D'autre part, la question de savoir si les P.T.T. ne devraient pas aussi affecter une partie des bénéfices nets à *l'amortissement du capital de dotation* n'a pas été soulevée jusqu'ici. L'administration des télégraphes doit à l'État la somme de 251 millions, et celle des postes lui devra 32 millions après avoir repris les immeubles à son compte. Un pareil remboursement de capital par annuités ne doit pas être confondu avec l'amortissement annuel des installations sujettes à dépréciation. Tandis que celui-ci est rendu nécessaire par une diminution de fortune et constitue, par conséquent, une perte qui doit figurer comme telle au compte de profits et pertes, celui-là représente, au contraire, une augmentation d'actif et, partant, une sorte d'emploi conservatif des bénéfices nets. Cela permet de constituer une fortune spéciale qui, dans le bilan d'une entreprise d'État, joue un rôle analogue à celui du capital social dans une société par actions. Les chemins de fer fédéraux, par exemple, possèdent, sous le titre « Capital amorti », une fortune spéciale de ce genre, d'un montant de 45 millions.

Il importerait, pour l'avenir économique du pays au point de vue des transports et des communications, que non seulement les chemins de fer, mais aussi les P.T.T. parvinssent, avec le temps, à se libérer de toute dette. Ce que l'on s'efforce d'obtenir dans ce dessein pour les chemins de fer fédéraux, il faudrait d'autant moins le négliger pour les P.T.T. que les entreprises similaires des pays voisins sont déjà parvenues à éteindre la majeure partie de leurs dettes. Il est à peine besoin d'insister sur l'importance de cette question au point de vue des taxes. Il suffit de mentionner, par exemple, que la contrevaleur de presque toutes les installations des postes allemandes est représentée par

Digitized by Google

une fortune spéciale de 1.574 millions de marks de rente, pour laquelle l'intérêt à payer n'est pas fixe. Dans cette administration, le bénéfice net représente donc le rendement total de la fortune spéciale, alors que, dans les administrations suisses, il n'est que l'excédent du rendement du capital de dotation sur l'intérêt fixe, c'est-à-dire une sorte de superdividende.

A cette exonération du payement d'un intérêt fixe sur la fortune spéciale s'ajoute, pour les postes allemandes, le fait que la journée normale de huit heures a été remplacée, en 1923, par celle de neuf heures, et que les traitements et salaires du personnel sont relativement moins élevés que chez nous. Si l'on considère l'importance de ces trois facteurs réunis, il ne faut point s'étonner que l'administration allemande puisse, maintenant déjà, se contenter de taxes sensiblement inférieures à celles dont il peut être question en Suisse dans les circonstances présentes.

12. Taxes et renchérissement. — Comme les P.T.T. doivent calculer leurs taxes de manière que leur existence soit économiquement assurée, c'est-à-dire que le produit de toutes les taxes couvre au moins la somme des dépenses, les tarifs doivent normalement et avant tout être basés sur le principe du *prix de revient*. Il n'est toutefois pas possible de s'en tenir à ce seul principe, car il existe, par exemple, nombre d'envois postaux de peu de valeur qui ne pourraient supporter des taxes normales ainsi fixées. Il est donc nécessaire de les faire bénéficier de taxes moins élevées, mais dont l'application ne permet plus de couvrir les frais de l'entreprise. Le *transport des journaux* en est un exemple frappant. En effet, les journaux représentent le tiers de tous les envois postaux, tandis qu'ils ne rapportent pas même 1/25 des recettes. Ils bénéficient, en raison de leur très faible valeur — s'il est possible de s'exprimer ainsi sans risquer d'être mal compris — d'une taxe extrêmement réduite, et il semble dès lors permis de se demander si une taxe de transport légèrement plus élevée ne serait pas plutôt favorable au maintien des saines conditions de la presse nationale. Les

Digitized by Google

pertes qui résultent du transport des journaux doivent être récupérées sur d'autres envois plus rémunérateurs. Ce moyen compensateur atteint, avant tout, les lettres. Ce sont elles aussi qui doivent couvrir les frais de transport des *envois en franchise de taxe*. Si la franchise postale n'existait pas, les cantons et les communes devraient couvrir les taxes postales au moyen du produit de leurs impôts. La franchise de taxe, qui leur permet cette économie, tient ainsi lieu d'impôt indirect sur les lettres soumises à la taxe.

Les *taxes postales* sont encore et en moyenne d'environ 80 % plus élevées qu'avant la guerre ; autrement dit, les recettes postales d'une année, sans le produit du transit, ne sont plus, sous le régime des tarifs actuels, que de 80 % supérieures à ce qu'aurait rapporté le même trafic sur la base des taxes d'avant-guerre. Le renchérissement moyen des taxes postales est donc supérieur au renchérissement général de la vie, lequel n'est plus que de 65 %. D'aucuns en déduisent que les taxes postales sont trop élevées. Ils oublient cependant que la moyenne de ces taxes doit se régler sur les dépenses forcées de l'exploitation. Le taux de renchérissement de cette exploitation n'a malheureusement pas encore pu être ramené à 65 %, mais il est resté à 110 % au moins ; en d'autres termes, l'entreprise doit, telle qu'elle est aujourd'hui, supporter des frais de 110 % plus élevés que ceux qu'elle aurait, toutes choses égales d'ailleurs, sous le régime des salaires et des prix de 1913. Ce étant, on peut déjà enregistrer comme un succès le fait qu'un relèvement des taxes de 80 % a suffi pour assurer l'équilibre financier.

A la poste, le renchérissement porte principalement sur le *personnel* et les *transports par chemins de fer*. Les allocations de renchérissement allouées au personnel accusent, aujourd'hui encore, une moyenne de 85 %, et si l'on y ajoute les autres augmentations, ce personnel coûte, par agent, 199 % de plus qu'avant la guerre, non compris le renchérissement consécutif à la loi sur la durée du travail. Il faut toutefois reconnaître que, d'autre part, le rendement par agent a sensiblement augmenté sans cependant atteindre la mesure qui permettrait de considérer

Digitized by Google

l'excédent de renchérissement comme compensé, ne serait-ce qu'approximativement.

Les indemnités versées aux chemins de fer fédéraux pour le transport des objets postaux — indemnités qui pouvaient être insuffisantes avant la guerre du fait que, pour les prestations fournies, elles ne représentaient qu'un montant de 3,8 centimes par km-essieu, — s'élèvent maintenant à 16,3 centimes pour la même unité ; elles ont donc plus que quadruplé et paraissent de nature à couvrir maintenant les frais que les transports postaux occasionnent effectivement aux chemins de fer. Il convient de relever que les chemins de fer n'ont à s'occuper en aucune façon du contenu des wagons-poste, c'est-à-dire de la préparation, du chargement, du déchargement et de la livraison des envois postaux, que même le matériel roulant est fourni par la poste et entretenu à ses propres frais, en sorte que les seules prestations incombant aux chemins de fer sont la traction et le triage des wagons. Pour ces prestations, la poste a payé en 1925 aux chemins de fer fédéraux la somme de 6,7 millions.

La moyenne de toutes les *taxes téléphoniques* n'est que de 44 % plus élevée qu'en 1913, ce qui revient à dire que le trafic téléphonique d'une année ne rapporte à l'administration, sous l'empire des tarifs actuels, que le 44 % de plus que n'aurait produit ce même trafic sous le régime des taxes d'avant-guerre. Comme la dépréciation de l'argent dépasse d'un bon tiers cet index de renchérissement des taxes du téléphone, il en résulte que, comparées à la diminution du pouvoir d'achat de l'argent depuis 1913, et en dépit des majorations nominales intervenues, ces taxes sont en somme sensiblement meilleur marché qu'en 1913. Ce fait est d'autant plus digne de remarque qu'ici, comme à la poste, l'administration doit compter sur un taux de renchérissement beaucoup plus élevé des dépenses d'exploitation. Ces dépenses, y compris les éléments du compte de profits et pertes, sont, elles aussi, en moyenne d'au moins 105 % plus élevées.

Au cours de ces cinq dernières années, le réseau téléphonique interurbain s'est développé au point que le nombre des

Digitized by Google

kilomètres-circuits a passé de 77.000 à 160.000 ; il a donc plus que doublé. Ce développement a provoqué une diminution de recettes en ce sens que, les délais d'attente étant à peu près supprimés, les *conversations urgentes* à triple taxe ont subi un fort recul. L'accroissement du trafic est loin de compenser ce manque à gagner, puisque la recette moyenne des conversations interurbaines par kilomètre-circuit est descendue de fr. 267. — en 1920 à fr. 160. — en 1925. En développant le réseau, on a donc jeté non seulement les bases de notables améliorations dans le service, mais en même temps aussi celles d'une diminution parallèle du coût des correspondances téléphoniques.

13. Réduction des taxes. — L'incertitude de la situation présente et le fait qu'aussi longtemps que le ménage général de la Confédération devra lutter avec d'importants déficits, il ne sera pas possible de sacrifier quoi que ce soit des modestes bénéfices actuels du monopole des P.T.T., obligent à une certaine réserve dans la *réduction des taxes*, d'où il résulte toujours un fléchissement des recettes. Il est vrai que certains milieux nous suggèrent constamment un abaissement des taxes, en faisant valoir qu'il ranimerait et augmenterait le trafic à tel point que le manque à gagner se transformerait bientôt en une augmentation des recettes. Cette question a beaucoup préoccupé l'auteur de ces lignes, déjà autrefois dans les chemins de fer, puis, plus tard, dans les P.T.T. Toutes ses études et observations à ce sujet l'ont toujours amené à la conclusion qu'il ne faut pas se fier à de semblables prophéties. Une simple réflexion nous apprend tout d'abord qu'une réduction de taxes appliquée au trafic existant à l'époque de son introduction provoque immanquablement une perte de recettes correspondante. Si, par exemple, on abaissait d'un quart la taxe de la lettre, il est clair qu'à trafic égal, les recettes diminueraient d'autant et que le nombre d'objets devrait s'accroître d'un bon tiers pour produire la même recette brute qu'avant la réduction. De plus, un trafic d'un tiers plus intense entraîne aussi une augmentation de frais, en sorte que même si les recettes brutes étaient ramenées au niveau antérieur,

Digitized by Google

le produit net n'atteindrait encore pas le montant qu'il accusait précédemment. On ne trouvera guère d'exemple prouvant qu'une entreprise de transport ait amélioré sa situation financière par un abaissement général des taxes, ou démontrant seulement qu'entre une augmentation générale de trafic et une réduction simultanée de taxes il y ait plus qu'une simple relation accessoire de causalité. Quiconque observe attentivement les rapports qui existent entre les augmentations et diminutions du grand trafic, d'une part, le reste de l'activité économique, d'autre part, constatera que ces fluctuations n'ont probablement subi que dans une faible mesure l'influence d'une politique tarifaire. Pendant la période de 1905 à 1913, l'échange des lettres dans le rayon général suisse a augmenté de 50 %, et pourtant aucune réduction de taxe ne peut, en l'occurrence, être invoquée comme stimulant. De 1920 à 1922, le même trafic a diminué de 14 %. Ce recul coïncide avec l'augmentation de taxes appliquée dès le 1er janvier 1921. Malgré cela, il est probable qu'il doive être attribué moins à cette augmentation qu'à la crise générale aiguë de la vie économique qui, malheureusement, se produisit simultanément avec le relèvement des tarifs. Quoi qu'il en soit, ce trafic n'a cessé d'augmenter depuis lors sans que les taxes aient été rabaissées.

D'une manière générale, on peut tout au plus dire qu'une entreprise de transport surmontera plus facilement les difficultés financières consécutives à une réduction de taxes, si elle a la chance de l'introduire à une époque où les conjonctures sont favorables. A l'heure actuelle, nous ne sommes malheureusement pas dans une période encourageante à cet égard.

14. Ce qui distingue le ménage de la poste de celui du télégraphe. — Si l'on compare le ménage de l'administration des postes avec celui de l'administration des télégraphes, on constate que, dans leur *structure*, ils diffèrent sensiblement.

Le caractéristique du *ménage postal*, c'est que l'exploitation des postes exige un capital d'établissement relativement minime, mais, par contre, un très nombreux personnel. La poste ne dépense annuellement que de 1 à 4 millions pour ses nou-

Digitized by Google

velles installations et ses objets d'inventaire. Ses installations d'exploitation consistent principalement en bâtiments, dont la valeur primitive est de 40 millions. A cela vient s'ajouter un inventaires des biens meubles, se composant de wagons-poste, d'automobiles, d'autres véhicules et d'objets de bureau, pour une valeur primitive de 19 millions. C'est là tout le capital immobilisé. La nature du travail de la poste n'autorise l'emploi de machines que dans une mesure restreinte. Les transporteurs mécaniques modernes sont seulement à la veille d'être introduits dans les bâtiments postaux ; elles ne seront cependant jamais en mesure d'exécuter un travail important à l'extérieur des locaux de service. Il faut songer, par exemple, aux 5.400 facteurs postaux qui, dispersés dans tout le pays, parcourent pour ainsi dire journellement une, deux et même trois fois tous les lieux habités. Le réseau suisse de distribution postale est probablement l'un des plus denses du monde. Si l'on convertit en journées de travail normales toutes les opérations de distribution, on obtient un agent distributeur à journée entière de travail par 720 habitants ou 7,6 km² de superficie. Le 30 °/₀ de toutes les dépenses de personnel concerne uniquement le service de distribution et les frais totaux de ce service représentent le 22 °/₀ des dépenses de l'exploitation. Avec une pareille organisation de l'exploitation, il va de soi que les dépenses d'exploitation engloutissent déjà une part relativement considérable des recettes, mais que, d'autre part, un petit excédent suffit pour assurer le service des intérêts et des amortissements. Le coefficient d'exploitation, c'est-à-dire la somme des dépenses exprimée en pour-cent des recettes a, ces dernières années, oscillé autour de 90 °/₀. Il faut plutôt compter sur une tendance à l'augmentation dans un avenir prochain à la suite d'amélioration de service qui ne se traduiront pas par une augmentation de recettes. Les frais de personnel et autres dépenses s'élèvent à 115 millions. Dans ce total, les dépenses concernant le personnel seul figurent pour 89 millions = 77 °/₀, tandis que le service des capitaux, c'est-à-dire les intérêts et les amortissements exigent à peine 2 millions.

Digitized by Google

Le *ménage de l'administration des télégraphes* présente une tout autre image. Ici, l'exploitation a de tout temps exigé un capital d'établissement relativement élevé, et cette relativité se déplace de plus en plus dans le sens de l'emploi de capitaux, du fait que l'utilisation de machines s'étend toujours davantage. Citons, par exemple, les appareils télégraphiques modernes à transmission rapide et les centrales téléphoniques automatiques. Tandis qu'au classique appareil Morse, un télégraphiste peut transmettre, en moyenne, environ 12 mots à la minute, un appareil automatique moderne Siemens en écoule à peu près 100 dans le même espace de temps. Une centrale téléphonique de 10.000 abonnées exige un effectif d'environ 73 employés si elle est manuelle et de 13 seulement si elle est automatique. Les capitaux investis annuellement par les télégraphes et plus particulièrement par les téléphones atteignent la somme de 20 à 50 millions; ils sont donc environ dix fois plus élevés qu'à la poste. Le capital immobilier de l'administration des télégraphes ne s'élève, il est vrai, qu'à 8 millions, mais il faut ajouter à cette somme la valeur de premier établissement des lignes, des appareils et des approvisionnements de matériel, valeur se chiffrant par 365 millions de francs. Le capital immobilisé est ainsi environ six fois supérieur à celui de la poste. Comparées à ces chiffres, les dépenses de personnel sont minimes. Elles atteignent 26 millions, et ne représentent, par conséquent, que le tiers environ de celles de la poste. C'est aussi pourquoi les dépenses d'exploitation ne sont pas très élevées; elles ne peuvent d'ailleurs pas l'être. Elles doivent, en effet, laisser un fort excédent permettant de payer l'intérêt du capital d'établissement et d'amortir les installations elles-mêmes. Ces opérations exigent aussi normalement un montant approximatif de 26 millions, dépense égale aux frais de personnel. Dans ces conditions le coefficient d'exploitation est ici beaucoup plus bas qu'à la poste. Il était de 52 % en 1925 et tend plutôt à baisser, grâce à l'introduction continuelle de perfectionnements techniques et aux économies de personnel que ces perfectionnements permettent de réaliser toujours davantage.

Digitized by Google

Ces indications montrent clairement combien l'organisme économique de la poste, d'une part, et celui du télégraphe et du téléphone, d'autre part, diffèrent par la base et contrastent l'un avec l'autre. Il est d'une importance capitale de tenir compte de cette différence dans la politique tarifaire, la gestion des affaires et l'administration des finances. Pour faire ressortir cette disparité et en assurer la suite naturelle, il n'existe pas de meilleur moyen que de séparer complètement les comptes des deux entreprises et de créer deux ménages indépendants. En Suisse, cette séparation a existé de tout temps. Elle résultait déjà du fait que des administrations distinctes avaient été créées pour les deux entreprises. Il n'en serait pas moins recommandable de tenir une comptabilité spéciale et un ménage financier distinct pour l'exploitation postale, d'une part, et pour l'exploitation télégraphique et téléphonique, d'autre part, même si les deux administrations étaient réunies en une seule.

15. De l'importance des calculs de rendement d'ordre intérieur. — Parmi les tâches d'une direction d'entreprise s'inspirant de principes commerciaux, figure l'obligation de prouver la vitalité économique non seulement de l'ensemble, mais aussi des différents services, branches et établissement de l'entreprise. La comptabilité générale et l'arrêté de compte de l'entreprise doivent donc indiquer séparément les résultats intérieurs se rapportant à chaque subdivision.

L'utilité de semblables analyses a, il est vrai, été révoquée en doute. On a fait valoir à ce propos que les entreprises d'État ont, avant tout, des tâches d'économie publique à remplir, et que, par conséquent, elles ne peuvent pas, à la manière d'un commerçant, tirer des résultats financiers de l'exploitation les conséquences qui s'imposeraient, c'est-à-dire se débarrasser sans autre d'institutions et établissements qui ne rapportent plus. A cela il convient d'objecter que les déficits des branches d'entreprises non productives doivent être supportés par celles qui rapportent, et qui s'en trouvent ainsi chargées. Il est indispensable de se rendre compte de l'étendue de pareilles compen-

Digitized by Google

sations au sein d'une entreprise. Sur la base des résultats, il faudra, dans chaque cas en particulier, étudier les voies et moyens permettant tout au moins d'améliorer le rendement des branches déficitaires. A défaut de ces moyens, on devra étudier s'il y a, pour le moins, une proportion convenable entre les avantages escomptés du point de vue de l'économie publique et les sacrifices consentis. Le service pour lequel cette proportion n'est plus assurée devient un luxe et, par le renchérissement qu'il occasionne, au lieu d'être utile à l'économie publique, il lui porte préjudice. Il n'a plus sa raison d'être, pas même dans une entreprise d'État.

Ces calculs de rendement permettent de juger des causes de succès et d'insuccès, stimulent l'initiative et constituent un moyen sinon unique, du moins efficace de développer l'esprit économique dans une administration et de faire d'elle une entreprise dans toute l'acception du terme.

16. Calculs de rendement par branches d'entreprise. — La manière la plus sûre d'obtenir une image exacte du rendement individuel des différentes branches et établissements de l'entreprise consiste, ici encore, à établir commercialement un compte de résultats et un bilan. Ce procédé est appliqué partout où les conditions le permettent ; si, de par la nature des choses, l'opération n'est pas possible, on cherchera à atteindre le but par d'autres calculs.

Pour la poste, il serait important de déterminer séparément le bénéfice ou la perte de chacune des branches : voyageurs, lettres, messagerie, encaissements, paiements et service des chèques. Cela offre cependant de grosses difficultés pour les lettres, la messagerie et les articles d'argent. En première ligne les recettes de ces trois services proviennent indistinctement de la vente des timbres-poste. Il n'est donc pas possible d'en opérer la séparation dans les écritures ; tout au plus une distinction approximative peut-elle avoir lieu à l'aide de statistiques. Des calculs font admettre qu'en 1925, par exemple, année où la vente des timbres a produit 108 millions, le 66 % de cette somme concernait les taxes des lettres, le 30 % celles de la mes-

Digitized by Google

sagerie et le 4 °/₀ seulement celles du service des mandats de poste, des remboursements et des recouvrements. En revanche, on n'a pas encore trouvé, pour les frais de bureau, de transport et de distribution communs à ces trois branches de service, la clé d'une répartition se rapprochant assez de la réalité pour que le résultat puisse prétendre être davantage qu'un chiffre quelque peu arbitraire et, par conséquent, douteux. Pour le service des voyageurs, la question de l'établissement d'un compte de profits et pertes distinct peut plus facilement être résolue d'une manière satisfaisante. C'est pourquoi, depuis 1921, il est tenu des comptes de profits et de pertes aussi bien pour l'ensemble de ce service que pour certains groupes de courses postales. Ces comptes montrent que l'administration fait chaque année de notables sacrifices dans ce domaine, bien que, dans ces quatre dernières années, grâce précisément à cette comptabilité, une amélioration importante ait pu être réalisée. Si, dans le service des chèques, les recettes peuvent être déterminées exactement à l'aide des écritures, la ventilation des dépenses, par contre, se heurte aux mêmes difficultés que dans les services des lettres, de la messagerie et des articles d'argent.

Il est, en revanche, beaucoup plus facile de tenir séparément des comptes du produit net pour le *télégraphe* et le *téléphone*. Ces comptes, qui existent déjà depuis 9 ans, montrent que le télégraphe se trouve dans une situation des plus précaires. Ses recettes diminuent lentement, mais sans arrêt, d'année en année. Elles sont tombées à 5,9 millions en 1925, alors que, pour faire face aux seuls frais d'exploitation, une somme de 7,9 millions eût été nécessaire, sans tenir compte des intérêts des capitaux engagés et des amortissements, qui exigent encore 1,6 million. Depuis l'introduction de comptes et de produits nets distincts, le télégraphe, malgré toutes les tentatives d'assainissement, clôture par des déficits relativement considérables. En 1925, par exemple, le coefficient d'exploitation s'est élevé à 132 °/₀ et le découvert à 3,6 millions. Les mesures de réorganisation prises ont, il est vrai, apporté une légère amélioration, mais à en juger d'après la situation actuelle, il n'y a malheu-

Digitized by Google

reusement pas lieu d'espérer que cette entreprise puisse jamais se remettre complètement à flot. Il est probable qu'elle devra toujours être entretenue par l'entreprise-sœur, plus jeune et plus forte : le téléphone, auquel d'ailleurs cette charge peut d'autant plus être imposée en principe qu'il est surtout la cause de l'appauvrissement du télégraphe. Le développement des communication interurbaines a eu pour premier effet d'absorber la correspondance télégraphique intérieure. Alors que le nombre des télégrammes intérieurs et celui des télégrammes internationaux étaient encore approximativement les mêmes il y a un quart de siècle, leur proportion actuelle n'est plus que de 1 : 5. Le temps n'est plus très éloigné où la téléphonie aura également conquis sa place dans la correspondance internationale à longue distance, et menacera même les derniers retranchements de l'exploitation télégraphique suisse. En effet, le 60 % du trafic international s'échange avec les quatre pays voisins, c'est-à-dire sur des distances qui permettront au téléphone de soutenir avantageusement la concurrence.

Cependant, d'autres tentatives d'améliorer jusqu'à un certain point les résultats financiers du télégraphe ne sont pas complètement vouées à l'insuccès. L'insuffisance des recettes est partiellement imputable au fait que les taxes internationales n'ont, jusqu'ici, pas été proportionnées à la dépréciation de l'argent. Cette lacune a été comblée en 1925 par la Conférence télégraphique internationale de Paris. D'autre part, le réseau télégraphique suisse compte encore 434 établisssements ruraux dotés d'appareils télégraphiques et dont le trafic journalier moyen n'atteint même plus 4 télégrammes. Le développement actuel du téléphone permet de supprimer, sans inconvénient pour le trafic, ces bureaux en miniature et de les remplacer par des établissements de téléphone, d'où les télégrammes sont transmis téléphoniquement au plus prochain office télégraphique. Mais, avant tout, les dépenses de personnel des offices télégraphiques, qui, à elles seules, absorbent une somme de 6,4 millions = 112 % des recettes, sont encore beaucoup trop élevées. Il sera certes possible de réaliser encore des économies et d'al-

Digitized by Google

léger par là le fardeau du télégraphe, tout au moins dans une mesure supportable pour le téléphone. Quoi qu'il en soit, il y a une disproportion frappante dans le fait qu'en 1925, par exemple, le téléphone a dû, sur son bénéfice net de 5,7 millions, affecter 3,6 millions uniquement à la couverture du déficit des télégraphes.

17. Calculs de rendement par établissements. — Il y a également une certaine importance à déterminer le rendement individuel des établissements de l'entreprise, pour le téléphone, par exemple, celui des réseaux téléphoniques locaux. Dans ce domaine également, il y a une différence appréciable entre la poste et le télégraphe. Au téléphone, le rendement du service local peut se calculer d'une manière relativement facile. L'expérience démontre qu'il y a à peu près équilibre entre le trafic interurbain d'entrée et celui de sortie, de sorte que les recettes de chaque centrale afférentes au trafic de sortie l'indemnisent déjà pour le travail inhérent au trafic d'entrée. A la poste, en revanche, il existe d'un endroit à l'autre de grandes différences entre l'expédition et la réception. Le flot des imprimés et des journaux provient seulement de certaines localités, notamment des grandes villes, tandis que les offices ruraux sont surtout bureaux de réception et ont la charge d'une distribution dispendieuse. Il en est de même pour l'expédition de la messagerie, des remboursements et des recouvrements. Le fait que l'office postal qui encaisse la recette n'a pas à effectuer le principal travail que cette recette doit rémunérer ne saurait être négligé dans les calculs des bénéfices locaux. Pour pouvoir faire exactement ces calculs, il faudrait, par conséquent, créditer les bureaux de réception d'une part correspondante des recettes encaissées par les bureaux d'expédition. En tout état de cause, on doit se souvenir de cette connexité lorsqu'on veut comparer les recettes et dépenses postales des offices urbains avec celles des établissements ruraux.

18. Perspectives d'avenir. — Permettez-moi encore de jeter un coup d'œil rapide sur l'avenir immédiat.

Digitized by Google

La poste, à l'heure actuelle, a de nouveau atteint un degré de rendement normal, et l'on peut dire que si elle continuait à se développer régulièrement et si les allocations de renchérissement au personnel était réduites dans une mesure modérée et conforme à l'abaissement du coût de la vie, il serait possible, dans un avenir assez rapproché, de procéder à une nouvelle réduction de taxes. Il ne semble pas non plus que l'on doive pronostiquer dans un sens défavorable la situation future du téléphone. Il est cependant à prévoir que les engagements de capitaux importants, qui ne prendront presque entièrement fin qu'avec l'année 1926, accentueront encore, pendant quelque temps, la tension financière, vu que les recettes suffiront tout juste à couvrir les dépenses et charges, y compris le déficit du télégraphe. Toutefois, les bases sont jetées sur lesquelles, ici aussi, la situation pourra, dans la suite et dans des conditions normales de développement, s'améliorer d'année en année, vu que les installations ont été modernisées dans une large mesure et rendues capables de faire face à un trafic plus intense.

Malgré cela, l'avenir n'est pas exempt d'inquiétude. D'après un dicton populaire, il est plus facile d'acquérir des biens que de les conserver, et il semble qu'il soit aussi plus facile de faire sortir une entreprise publique d'une crise économique que de la maintenir dans une constante prospérité. M. Bener, Directeur des Chemins de fer Rhétiques, a prononcé un jour ces paroles : « Cela ne va bien pour un chemin de fer que lorsque ses affaires vont mal. » Ce paradoxe s'explique au point de vue psychologique. Dans les périodes de crise, le sentiment de solidarité s'allie à l'esprit de sacrifice, et cette union facilite le rétablissement de l'équilibre financier. Mais dès que le pendule oscille dans l'autre sens, l'égoïsme et la convoitise se réveillent de toutes parts et mettent en péril la situation acquise.

La vraie question qui, actuellement, met en jeu le sort des entreprises fédérales de transports et de communications, est celle de la nouvelle *réglementation des traitements du personnel*. Nous nous trouvons là en présence d'une inconnue qui empêche tout calcul anticipé.

Digitized by Google

L'État, certes, doit être un employeur modèle, et il y a lui-même le plus grand intérêt, car la bonne volonté du personnel et son attachement au travail constituent le « fonds » le plus précieux et le plus productif qu'une grande entreprise de transports et de communications puisse jamais créer. Mais, dans domaine également, il y a des limites naturelles, qui sont tracées moins par les prétentions du personnel à un niveau d'existence plus élevé que par les conditions générales de l'économie publique. Les États forment aujourd'hui des territoires économiques séparés. La notion même de l'économie implique qu'à l'intérieur de ces territoires, il faut se tirer d'affaire avec la quantité de biens disponible. Si l'on va trop loin dans la fixation des traitements accordés à de forts groupements de travailleurs, par exemple aux employés de l'État, des communes et de certaines corporations, le reste de la population se trouve désavantagé d'autant. Cette répercussion, facile à comprendre, se manifeste, par exemple, dans le fait que les impôts élevés dont l'une des causes est, en maints endroits, la situation privilégiée des employés de l'État et des communes provoquent, dans l'industrie, une pression sur les salaires et même le chômage.

Une idée analogue a été énoncée dernièrement par l'économiste anglais Sir Josiah Stamp dans les termes suivants (Nouvelle Gazette de Zurich) :

« Si donc des industries « protégées » sont les premières à se servir à la crèche de l'État et à assurer ou même améliorer leurs conditions d'existence historiquement « bien acquises », les industries non protégées s'apercevront bientôt qu'il ne reste plus assez pour elles, en d'autres termes qu'elles en sont réduites à abaisser les salaires et souvent à chômer. »

Il est donc faux de dire que l'amélioration de la situation des employés de l'État peut faire d'eux des entraîneurs continuels dans la voie du relèvement du sort des ouvriers de l'industrie. C'est plutôt le contraire qui se produit, et il s'ensuit que, envisagée du point de vue de l'ensemble, la fixation de traitements trop élevés pour les employés de l'État et des entreprises de transports ne doit plus être considérée

Digitized by Google

comme un progrès social, mais comme un acte antisocial. Un esprit social bien intentionné, mais mal conseillé, fait alors des entreprises d'État et municipales des institutions qui affaiblissent lentement l'économie nationale. Les fonctionnaires et fournisseurs de l'État, de même que tous ceux qui vivent du gain de ces groupes, bénéficieront, pendant un certain temps, de cette situation aux dépens des autres groupes ; mais ce ne sera là qu'une apparence trompeuse et le jour viendra, pour eux aussi, où leur niveau d'existence redescendra d'autant.

Messieurs, permettez-moi, en terminant, de former le vœu que, dans notre petit pays, cette question, si importante pour l'économie nationale tout entière, se résolve dans un esprit s'inspirant du bien général et de la prospérité de tous.

Digitized by Google

LOCALISATION DES RUPTURES DANS LES FILS TÉLÉGRAPHIQUES,

Par J. VOISENAT,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes en retraite.

Dans les *Annales* de mars 1926, M. Pons a décrit un procédé de localisation d'une rupture dans un fil télégraphique, consistant à observer la déviation permanente d'un milliampèremètre résultant des charges ou décharges répétées du conducteur, les commutations utiles étant produites par l'armature d'un relais Baudot, dont les bobines sont excitées par du courant alternatif emprunté à un réseau de distribution.

Le procédé décrit découle de l'hypothèse que le fil rompu représente un condensateur et applique à la mesure de sa capacité la méthode de répétition de la charge à travers un galvanomètre. Cette méthode est depuis longtemps classique.

Il y a une trentaine d'années, Onde, commis au bureau central de Marseille (1), a adressé à l'administration un mémoire où il décrivait un dispositif basé sur cette méthode, avec lequel il déterminait la position de rupture des fils. La commutation étaitproduite par le mouvement d'un réveil-matin, et le courant de décharge mesuré dans un galvanomètre des sinus.

L'habileté avec lequelle Onde opérait et la perspicacité avec laquelle il tenait compte des circonstances de l'expérience suppléaient à l'imperfection des instruments.

Vers 1910, étudiant les améliorations d'outillage qui pourraient faciliter la localisation des défauts, j'ai cherché à rendre

(1) Entré dans l'administration comme mécanicien, Onde subit avec succès les épreuves du surnumérariat, de l'admission aux cours préparatoires à l'École supérieure, et de la licence ès sciences.

Onde se plaisait aux recherches et inventions et construisait lui-même les appareils qu'il imaginait. Sa grande modestie et une certaine nonchalence à rédiger ont fait qu'il n'a rien publié et que ses travaux sont tombés dans l'oubli. Il est mort depuis une vingtaine d'années.

Digitized by Google

le procédé Onde accessible à tous les praticiens. C'est à la suite de cette étude que j'ai indiqué à mes collaborateurs, le parti qu'on pouvait tirer du dispositif décrit par M. Pons en 1926. D'ailleurs l'administration avait envoyé à tous ses chefs de service une circulaire datée du 4 avril 1922, sur la mesure des capacités par les courants de charge. Cette circulaire témoigne que la localisation des rupture préoccupe toujours l'administration, mais qu'en raison des difficultés d'exécution et d'interprétation que comporte son emploi, elle ne croit pas devoir imposer l'usage de la méthode par *décharge simple*, bien que quelques praticiens en tirent un bon parti.

Il faut citer aussi M. Montenot, contrôleur à Tarbes, qui a réalisé depuis 1922, à Tarbes et à Brive, des installations à décharge répétée par relais Baudot, et dont les montages avaient reçu l'approbation du comité technique en 1924.

L'exposé qui suit, quoique ne contenant rien de nouveau au point de vue théorique, semble devoir permettre aux agents préposés aux essais de se rendre compte de ce qui se passe dans ces recherches et d'interpréter correctement les résultats qu'ils fournissent. On examinera successivement le procédé basé sur la charge ou décharge simple et celui qui est basé sur la répétition périodique. dans les cas suivants :

a) Condensateur parfait, sans perte ni résidu ;

b) Condensateur sans perte, mais avec résidu ;

c) Court fil aérien, sans perte, et soustrait à toute action perturbatrice ;

d) Long fil aérien, sans perte ni cause perturbatrice ;

e) Long fil aérien, dans les conditions de la pratique.

On supposera qu'on possède :

1° une pile d'un voltage suffisant pour fournir de bonnes lectures,

2° une clef à trois positions : charge, isolement, décharge,

3° un inverseur permettant d'intercaler le galvanomètre soit entre la pile et la clef, de manière à mesurer la charge, soit entre la terre et le contact de décharge, afin de mesurer cette dernière,

Digitized by Google

4° un *galvanomètre balistique*, c'est-à-dire un appareil dont l'équipage mobile possède une grande inertie et qui, par conséquent, ne se déplace que lentement, soit sous l'action du courant, soit sous les forces antagonistes qui tendent à le ramener au zéro. Cette disposition est favorable à la mesure des quantités d'électricité mises en jeu dans un phénomène dont la durée est courte par rapport à celle d'une oscillation de l'équipage.

Soit, par exemple, à mesurer la quantité représentée par la

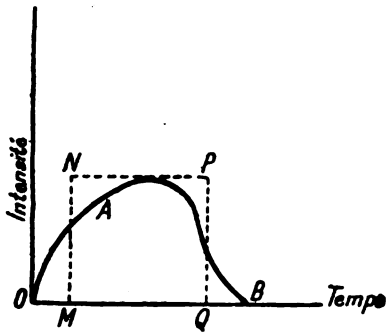


Fig. 1.

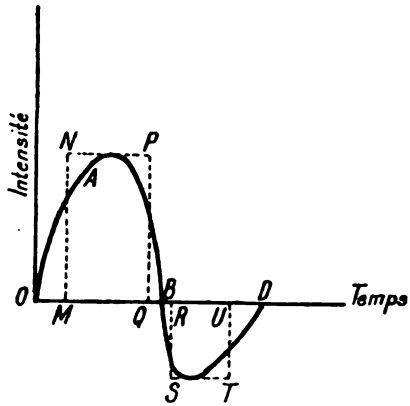


Fig. 2.

courbe OAB (fig. 1). L'analyse montre qu'elle agit sur l'équipage comme le ferait un courant d'intensité uniforme MN agissant pendant le temps MQ, si les aires comprises entre l'axe des temps et la courbe OAB ou sa rectification MNPQ sont égales.

Si, pendant le temps OB, l'équipage s'est très peu déplacé, on ne commet pas d'erreur sensible en admettant qu'il est resté immobile dans la position initiale et n'a commencé son déplacement qu'après avoir reçu la totalité de l'impulsion représentée par l'aire MNPQ.

Si, au lieu d'un courant variable de sens constant, on avait eu affaire au courant représenté par la figure 2, le déplacement de l'équipage proviendrait de la somme algébrique des impulsions en sens inverses des deux phrases du courant, c'est-à-dire de leur différence, si l'inertie était suffisante pour qu'on pût admettre leur simultanéité.

Digitized by Google

On voit qu'un galvanomètre balistique est indifférent aux courants alternatifs mettant en jeu des quantités d'électricité égales dans deux phases consécutives. Au contraire, un galvanomètre à déplacements rapides serait affolé, en raison des interférences entre sa période d'oscillation et celle des courants alternatifs.

On suppose, dans ce qui suit, que le galvanomètre a été étalonné, c'est-à-dire que les nombres inscrits sur la graduation sont proportionnels aux quantités d'électricité qui amènent l'équipage sur ces divisions.

a) **Condensateur sans perte ni résidu.** — Relié *directement* à une pile, ce condensateur prend instantanément sa charge totale ; séparé d'elle, il la conserve intégralement pendant longtemps ; enfin, si ses armatures sont reliées par un galvanomètre *dont la résistance est négligeable*, il se décharge complètement, instantanément, et la décharge est égale à la charge. Exemple : condensateur à lames d'air ou de mica.

b) **Condensateur sans perte, mais avec résidu.** — Ce condensateur, relié à une pile, ne prend pas instantanément sa charge complète ; relié sans résistance à un galvanomètre, il ne se décharge pas instantanément. Exemples : condensateur à papier paraffiné, à diélectrique liquide, à lames de gutta.

c) **Court fil télégraphique.** — D'une manière générale, on ne peut assimiler un fil télégraphique à un condensateur : du fait que ce fil possède non seulement de la capacité, mais de la résistance et de l'inductance propre, ces trois éléments interviennent dans la charge et dans la décharge, ainsi que ceux du galvanomètre.

Par conséquent, alors que leurs diélectriques n'auraient pas de résidus, ce qui est le cas des fils aériens et des câbles sous papier mais non celui des câbles sous gutta, la charge et la décharge ne sont pas instantanées. Toutefois, lorsque le fil est court, elle est encore assez rapide pour qu'on puisse admettre que l'élongation d'un galvanomètre un peu inerte mesure exacte-

Digitized by Google

ment la totalité de la charge. Ce sera, pour fixer les idées, le cas d'un fil aérien de quelques dizaines de kilomètres, d'un câble sous papier de quelques kilomètres, et d'un câble sous gutta de longueur notablement moindre.

d) Long fil télégraphique, sans perte ni causes perturbatrices. — On est en présence du problème de la propagation (cas du fil isolé à une extrémité) : l'intensité à l'origine est

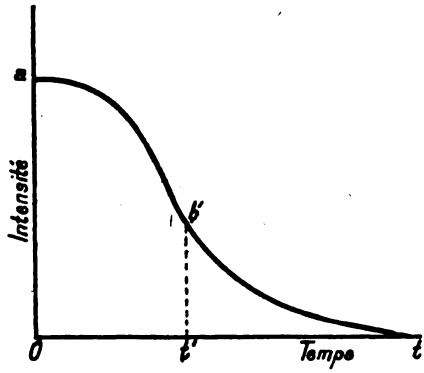


Fig. 3.

représentée par une courbe de la forme de celle de la figure 3, qui s'abaisse rapidement vers l'axe des temps et *pratiquement* la touche au bout d'un temps t, dont la valeur dépend de la longueur et des éléments électriques du fil (théoriquement, ce temps est infini ; la valeur t sera donc le temps nécessaire à ce que sa valeur tombe à une fraction déterminée de la valeur maximum).

La quantité totale d'électricité mise en jeu est représentée par l'aire du triangle curviligne Oat.

De même, la décharge n'est pas instantanée ; elle est représentée par une courbe de même forme, avec une aire équivalente.

Si, au lieu d'attendre l'époque t où l'on admet que la charge est complète, on commençait la décharge au temps t', on obtient une courbe de décharge semblable à celle de charge, mais avec une réduction proportionnelle des ordonnées.

Pour mettre en évidence la capacité totale du fil, soit par la

Digitized by Google

charge, soit par la décharge, il faudrait posséder un galvanomètre extrêmement inerte et manipuler très lentement la clef.

Si, à l'aide d'un dispositif mécanique, on limitait la durée de charge à un temps constant, moindre que celui qui est indispensable pour assurer une charge complète, on n'obtiendrait que des mesures approchées, qui, comparées entre elles, pourraient encore donner des résultats intéressants, mais qui ne représenteraient plus des mesures de capacité totale.

Il en serait de même si la période d'oscillation du galvanomètre était trop rapide pour qu'on pût admettre que les dernières impulsions de charge se totalisent avec les premières.

Supposons, par exemple, que, dans les conditions opératoires, on n'utilise que 75 °/₀ de la charge. Si l'on expérimentait sur un conducteur semblable et de longueur égale, on n'obtiendrait encore que 75 °/₀ de sa charge ; si les résultats expérimentaux étaient les mêmes, on pourrait en conclure que les charges totales seraient également les mêmes.

e) **Long fil télégraphique dans les conditions ordinaires.** — Pratiquement, un fil télégraphique est composé de sections aériennes et de sections souterraines dont les spécifications, par unité de longueur, sont différentes.

Il est affecté de pertes plus ou moins importantes et rarement uniformément réparties.

Il est parcouru par des courants parasites provenant de phénomènes atmosphériques ou de perturbations telluriques, de dérivations par les supports, d'induction statique ou dynamique des conducteurs voisins et notamment des fils télégraphiques et des canalisations d'énergie.

Un galvanomètre inséré entre la terre et une extrémité d'un tel fil, même lorsque l'autre extrémité est isolée, décèle l'existence de courants parasites quelquefois intenses. Mais, à *sensibilité égale*, tous les galvanomètres ne sont pas également affectés. On a vu plus haut qu'un balistique élimine des parasites qui agiteraient un galvanomètre moins inerte. On réduira donc l'importance des erreurs provenant des parasites en employant

Digitized by Google

un galvanomètre balistique *très peu sensible* en même temps qu'une pile de *haut voltage*. Mais celui-ci augmentera l'effet des pertes, en même temps que l'intensité du courant de charge.

La figure 4 représente en trait plein la courbe $ab't$ d'intensité au départ d'un fil dont la charge est pratiquement complète au bout du temps t, et en pointillé l'intensité du courant permanent dû aux pertes. A un instant quelconque t', les impulsions reçues par le galvanomètre sont représentées par la somme des aires $Oab't'$ et $ol\,D't'$.

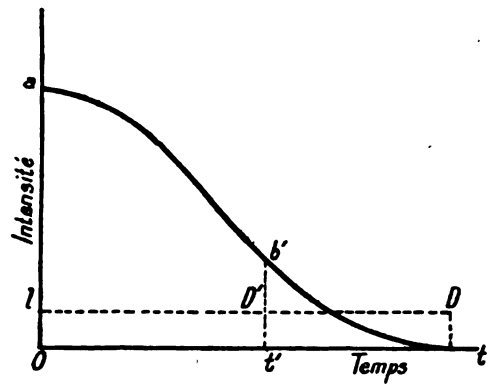


Fig. 4.

Si, pour tenir compte de la capacité totale, on prolonge jusqu'au temps t la durée de la charge, on laisse agir le courant de perte pendant le même temps, d'où il résulte, en définitive, que la précision finale est moindre, comme le montre la comparaison des aires négligées aux aires totales.

La décharge n'est pas affectée par les pertes de la même manière ; c'est pourquoi certains praticiens l'utilisent de préférence à la charge. Néanmoins, les pertes interviennent encore, non seulement pendant la décharge elle-même, mais pendant la période d'isolement qui la précède. C'est pourquoi il importe de réduire au minimum l'intervalle qui sépare les deux butoirs et d'effectuer la commutation très rapidement.

On sait comment on peut calculer les éléments d'une ligne homogène équivalant, soit au point de vue de la résistance, soit au point de vue de la capacité, à une ligne composée de sections

Digitized by Google

dont on connaît les longueurs et les constantes kilométriques. Mais, comme ce n'est pas seulement la capacité qui est en jeu, au lieu de faire des calculs qui supposent exacts et invariables des coefficients et des longueurs qui ne sont pas toujours bien connus, il est préférable de constituer expérimentalement, pour chaque fil, un dossier de références, en consignant les résultats obtenus en ajoutant successivement les sections hétérogènes les unes au bout des autres.

Cette analyse montre qu'après un choix judicieux du galvanomètre et de la pile on peut, par la simple décharge, localiser la position des ruptures; mais on voit aussi que les résultats dépendent de la durée et de la régularité de manœuvre de la clef et, par suite, que leur précision repose sur l'habileté de l'opérateur.

Répétition de la charge.

On supposera qu'au lieu d'une clef manœuvrée à la main on dispose d'une clef actionnée mécaniquement, produisant périodiquement un contact de charge, un isolement, et un courant de décharge; la mesure se faisant dans un galvanomètre balistique, cet appareil recevra, ainsi, une série d'impulsions de même sens, s'éloignera progressivement du zéro, et se fixera sur une division dont la grandeur dépendra du nombre des décharges et de l'importance de chacune d'elles.

Toutefois, il n'y a pas proportionnalité entre le produit de ces deux facteurs et la lecture effectuée, d'une part parce que le galvanomètre a été étalonné en supposant que l'équipage demeurait au zéro pendant la décharge instantanée, tandis qu'il est dévié pendant la charge répétée, d'autre part parce que, dans la généralité des cas, une opération élémentaire ne représente qu'une fraction de la charge qui serait mise en jeu par une charge simple complète

a) **Condensateur parfait.** — Ce condensateur prenant instantanément la totalité de sa charge, la déviation ne dépend que de la loi qui relie la graduation de l'appareil à celle qu'on

Digitized by Google

obtiendrait dans l'hypothèse de l'équipage déplacé pendant l'effet du courant. On peut donc, avec avantage, remplacer le balistique gradué comme tel par un appareil gradué pour l'intensité, à la condition que son équipage ait une inertie suffisante.

La répétition de la charge sera avantageuse dans les cas où l'effet de la simple charge serait trop faible pour se prêter à une mesure exacte.

b) Condensateur à résidu. — Si les excursions du commutateur étaient suffisamment lentes pour qu'on pût admettre qu'à la fin de chaque contact la charge fut complète, on serait ramené au cas précédent. Dans le cas général, les choses se passent comme si chaque charge était réduite à l'aire $Oab't'$ de la figure 3. Au point de vue pratique, la considération de cette *capacité restreinte* est quelquefois plus intéressante que celle de la capacité totale.

c) Fil télégraphique court et sans perte. — On a vu qu'un fil court est comparable à l'un ou l'autre des cas précédents, suivant qu'il est aérien ou souterrain du genre gutta-percha. Un court câble isolé au papier ou un fil aérien se comportent presque comme la catégorie **a**. Avec un relais Baudot comme commutateur et un milliampèremètre, les lectures sont proportionnelles à la force électromotrice, à la fréquence, et à la longueur du fil dans des limites un peu étendues.

d) Long fil télégraphique sans perte. — On a vu plus haut que, dans un tel fil, la charge n'est pas instantanée, que la valeur qu'elle atteint, au bout d'un temps t', ne dépend pas seulement de sa longueur, mais de toutes ses constantes électriques. Or la manœuvre rapide du commutateur a pour effet d'écourter le temps consacré à la charge et aussi à la décharge. Après une première commutation complète, le fil ne se retrouve pas dans les mêmes conditions qu'à l'origine : la charge qu'il prend est inférieure à celle qu'il avait prise d'abord ; de même, la troisième charge diffère de la seconde, etc... Néanmoins, sous la succession de ces impulsions inégales, l'équipage mobile se

Digitized by Google

déplace et se fixe dans une position stable : le courant moyen des charges partielles fait équilibre à la force antagoniste correspondant à la déviation fixe.

Ce courant moyen de charge n'est pas proportionnel à la capacité totale du fil : la relation qui lie la longueur de ce conducteur aux déviations est complexe ; cependant l'expérience montre que, pour des fils de même composition, les déviations croissent *régulièrement* avec leur longueur. On peut donc, sans commettre d'erreur importante, admettre que, pour de faibles variations de longueur, les indications de l'appareil varient de quantités proportionnelles. Cela suffit pour que l'agencement puisse être employé à déterminer la position d'une rupture. On comparera le résultat obtenu sur le fil défectueux avec celui que fournit une autre expérience, faite soit sur une longueur connue du même fil, soit sur un conducteur identique et de longueur également connue, et l'on appliquera la règle de trois.

Toutefois, si la commutation était tellement rapide que l'aire $O\,a\,b'\,t'$ ne représentât plus qu'une fraction très restreinte de l'aire $O\,a\,t$, la précision du procédé diminuerait. Par conséquent, il sera bon d'éviter les fréquences très rapides quand on opérera sur de très longs fils (1).

e) **Fils télégraphiques dans les conditions de la pratique.** — A ce qui se passe dans le cas précédent, il faut ajouter l'effet des courants parasites et celui des pertes. L'emploi d'un galvanomètre de grande inertie amoindrit la perturbation des courants parasites, et la répétition de la charge augmente l'importance du phénomène que l'on mesure, sans multiplier l'effet des pertes. On a vu, à l'occasion de la charge simple, comment l'importance relative des pertes diminue avec la durée de l'isolement et avec celle de la charge elle-même. Il est facile de le vérifier

(1) Au bureau central de Dijon, où les premières expériences ont été faites, on excitait les relais avec du courant emprunté à un générateur d'appel téléphonique dont la fréquence était d'environ 20 périodes. Par la suite, on a reconnu que la fréquence 50 donnait encore des résultats satisfaisants et que, par conséquent, on pouvait prendre une dérivation sur une distribution d'énergie électrique.

Digitized by Google

expérimentalement, en faisant varier la position et l'écartement des butoirs de relais, de manière à modifier la durée des contacts et des isolements.

On reconnaît ainsi qu'avec des fils normaux et un réglage assez serré les lectures de décharge ne diffèrent pas de celles de charge de plus de 10 °/₀. Or on a vu que les pertes augmentent la déviation de charge et réduisent celles de décharge. Si elles n'existaient pas, les deux cas donneraient la même lecture. La déviation que fournirait le conducteur si elles n'existaient pas est donc voisine de la moyenne des deux observations.

En résumé, le procédé de charge ou décharge répétée, réalisé comme il vient d'être indiqué, ne donne pas la mesure de la *capacité* d'un fil rompu, mais il permet de déterminer, assez exactement, la *position* de la rupture. La manière dont le dispositif limite la charge ou la décharge à une certaine fraction de leur valeur maxima, loin de lui enlever de la précision, a pour effet de restreindre l'effet des causes perturbatrices et par conséquent d'améliorer le résultat final. Les commutateurs étant automatiques et les lectures se faisant sur des déviations permanentes et non sur des élongations fugitives, l'équation personnelle de l'opérateur intervient peu.

Conclusions. — 1° Il est possible de doter les bureaux de moyens propres à déterminer les ruptures par la méthode de la décharge simple.

2° Partout où l'on dispose de courant alternatif, on peut employer, *avec la plus grande facilité*, le procédé de la décharge répétée.

3° Dans l'un ou l'autre cas, la précision obtenue dépendra du soin avec lequel les références auront été établies et, par suite, de la valeur professionnelle des agents préposés aux essais.

Digitized by Google

CONTRIBUTION A LA THÉORIE DU TRANSFORMATEUR TÉLÉPHONIQUE,

Par J. CARVALLO,
Agrégé et docteur ès sciences,
Chef de laboratoire à la Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance,

et H. RENAULT,
Ingénieur E. S. E.,
Attaché au laboratoire de la Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance.

1° Introduction. — On connaît l'importance, dans les problèmes de transmission téléphonique, des conditions d'adaptation des tronçons homogènes successifs en lesquels on peut décomposer une installation téléphonique en général assez complexe.

Pour éviter les réflexions, deux tronçons homogènes successifs doivent présenter des *impédances caractéristiques* aussi voisines que possible. Lorsque ces impédances sont par essence différentes ainsi que cela se produit lorsqu'il s'agit de raccorder, par exemple, une ligne interurbaine aérienne, pupinisée ou non, une ligne pupinisée prise sur un câble, à une ligne d'abonné ou à un relais, les deux tronçons doivent être reliés l'un à l'autre par l'intermédiaire d'un transformateur dit souvent pour cette raison *transformateur adaptateur* ou *translateur*.

Quelles conditions y a-t-il lieu d'imposer à un tel organe, comment ces conditions sont-elles reliées aux données de construction du transformateur, telles sont les questions qu'on se propose d'examiner.

Le problème, pris dans son ensemble, est extrêmement complexe parce que, non seulement, les propriétés d'un transformateur dépendent essentiellement de la fréquence, mais encore parce que les impédances à raccorder sont elle-mêmes dans la pratique des fonctions complexes de la même variable.

Digitized by Google

Comme il est indispensable de sérier les difficultés, nous limiterons la présente analyse au cas idéal où ces impédances à raccorder ne sont pas fonction de la fréquence. Les résultats obtenus grâce à cette hypothèse permettraient d'ailleurs d'aborder aisément le problème général.

Soient deux tronçons homogènes de lignes, d'impédances caractéristiques respectives Z_1 et Z_2, qu'il s'agit de relier l'un à l'autre par l'intermédiaire d'un transformateur A B C D (figure 1) : les conditions de transmission réalisées pour le sens de circulation Ouest-Est, par exemple, seront d'autant plus favorables

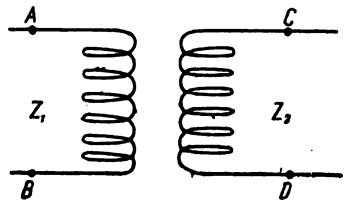


Fig. 1.

que, d'une part, le rendement énergétique du translateur sera plus grand, et que, d'autre part, l'impédance qu'on mesurerait entre les bornes A et B dans la direction Est sera plus voisine de Z_1.

La transmission devant intéresser les fréquences les plus diverses, cette condition devra s'appliquer dans un domaine de fréquences aussi étendu que possible. Enfin une ligne devant servir aussi bien à la transmission Ouest-Est qu'à la transmission Est-Ouest, la même condition s'appliquera au sens inverse : l'impédance, vue en C D, du transformateur fermé d'autre part sur l'impédance Z_1 devra, dans la marge de fréquence la plus grande possible, différer aussi peu que possible de Z_2.

Ainsi qu'on le verra plus loin, l'égalisation rigoureuse et simultanée des impédances des deux côtés du transformateur est déjà une condition pratiquement impossible à réaliser à une fréquence donnée. La réalisation d'une adaptation parfaite et réversible à toutes fréquences est donc à fortiori une limite théorique qu'il est impossible d'atteindre exactement dans la pratique.

Digitized by Google

Seul satisfait à cette condition idéale un transformateur parfait, c'est-à-dire non seulement sans fuite, sans résistance intérieure, mais encore à coefficient d'induction mutuelle infini.

Que l'une ou l'autre de ces trois conditions ne soit pas satisfaite, il ne peut être question que de trouver une solution optima donnant lieu à une « inadaptation d'impédances » aussi faible que possible, aussi peu fonction que possible de la fréquence et enfin du même ordre de grandeur pour les deux sens de propagation.

Le défaut d'adaptation est ici un mal nécessaire. Tout ce qu'on peut faire, c'est rechercher les moyens de le réduire au minimum tout en conservant des conditions matérielles de réalisation acceptables ou ce qui revient au même, rechercher la façon dont ce défaut d'adaptation dépend des données de construction de l'appareil.

Un transformateur donné travaille sur un circuit secondaire d'impédance Z_2, calculer l'impédance Z_1 correspondante, vue du côté primaire : tel est le problème à résoudre tout d'abord. Nous supposerons pour commencer que Z_2 se réduit à une résistance ohmique R_2 ; Z_1 n'est plus alors fonction que de R_2 et de la pulsation ω. Cette étude met en évidence ce qu'on peut appeler *la distorsion propre* du transformateur.

On sait, d'autre part, que la capacité d'enroulement joue déjà aux fréquences téléphoniques un rôle qu'il est impossible de négliger, même dans le cas des enroulements unifilaires ordinaires. Ce rôle prend une importance considérable lorsque le transformateur comporte des enroulements bifilaires comme c'est le cas dans les transformateurs pour combinaison de circuits, où cette disposition est, comme on le sait, rendue nécessaire par les conditions d'équilibrage.

On verra d'ailleurs que la présence de ces capacités d'enroulement qui se comportent comme shuntant tout à la fois le primaire et le secondaire a une influence extrêmement favorable sur la distorsion propre du transformateur. Elles n'existeraient pas qu'on aurait intérêt à introduire artificiellement un élément équivalent sous la forme d'un condensateur supplémentaire.

Digitized by Google

Nous supposerons donc, dès le début de cette analyse qu'une telle capacité fait partie intégrante du dispositif.

Enfin dans l'approximation à laquelle nous nous limiterons nous supposerons négligeables les pertes dans le fer. Cette approximation est légitime dans un domaine assez étendu en raison de la très faible induction à laquelle travaille le fer, ce fait étant dû, comme on le sait, aux valeurs très élevées des coefficients d'induction mutuelle réalisés dans ce genre d'appareils.

2° Transformateur avec fuite et sans résistance intérieure. — Supposons pour le moment la fuite localisée sur le primaire

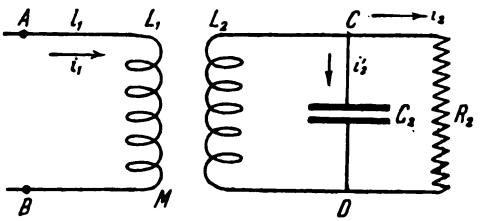


Fig. 2.

(fig. 2) et soient M, le coefficient d'induction mutuelle, $_1$, L_2, la self-inductance des deux enroulements correspondant au flux commun, l_1 le coefficient de self dû à la fuite, C_2 une capacité shuntant le secondaire, R_2 la résistance de travail. Désignons par i_1, i_2, i'_2 les courants représentés sur la fig. 2. Les équations du régime s'écrivent :

$$\text{I}\quad \begin{cases} j\omega(l_1+L_1)i_1+j\omega M i_2+j\omega M i'_2=U_1, \\ j\omega M i_1+j\omega L_2 i_2+j\left(\omega L_2-\dfrac{1}{\omega C_2}\right)i'_2=0, \\ R_2 i_2+\dfrac{j}{\omega C_2}i'_2=0, \end{cases}$$

qui permettent de calculer i_1 :

$$\text{II}\quad i_1=\frac{-U_1\left[\dfrac{L_2}{C_2}+jR_2\left(\omega L_2-\dfrac{1}{\omega C_2}\right)\right]}{j\omega\left[j\omega M^2\left(R^2-\dfrac{j}{\omega C_2}\right)-(l_1+L_1)\left(\dfrac{L_2}{C_2}+jR_2\left(\omega L_2-\dfrac{1}{\omega C_2}\right)\right)\right]}.$$

Digitized by Google

L'impédance primaire Z_1 a donc pour valeur :

$$Z_1=\frac{U_1}{I_1}=-\frac{\omega R_2\left[(l_1+L_1)\left(\omega L_2-\frac{1}{\omega C_2}\right)-M^2\right]+j\frac{\omega}{C_2}(M^2-L_1L_2)}{\frac{L_2}{C_2}+jR_2\left(\omega L_2-\frac{1}{\omega C_2}\right)},$$

qui s'écrit finalement, en tenant compte de ce que :

$$L_1L_2=M^2$$

$$\text{III}\quad Z_1=\frac{\left\{\begin{array}{l}R_2L_1L_2\\+j\omega\left[l_1L_2^2+R_2^2\omega C_2\left(\omega L_2-\frac{1}{\omega C_2}\right)\right]\left[l_1L_2\omega^2C_2-(l_1+L_1)\right]\end{array}\right\}}{L_2^2+R_2^2C_2^2\left[\omega L_2-\frac{1}{\omega C_2}\right]^2},$$

et par suite, si on pose :

$$Z_1=R_1+j\omega L_1,\quad \operatorname{tg}\Phi_1=\frac{\omega L_1}{R_1},$$

$$\text{IV}\qquad R_1=\frac{R_2L_1L_2\omega^2}{\omega^2L_2^2+R_2^2(\omega^2L_2C_2-1)^2},$$

$$\text{V}\quad \operatorname{tg}\Phi_1=\frac{\omega\left\{l_1L_2^2-\frac{R_2^2}{\omega_2}(L_2C_2\omega^2-1)\left[L_2-l_1(L_2C_2\omega^2-1)\right]\right\}}{R_2L_1L_2}.$$

Pour discuter ces expressions nous aurons avantage à poser $\Omega^2=\frac{1}{L_2C_2}$ et à introduire la variable auxiliaire :

$$\varpi=\frac{\omega}{\Omega},$$

ce qui permet d'écrire :

$$\text{VI}\quad R_1=\frac{L_1}{L_2}R_2\frac{\varpi^2}{\varpi^2+\frac{R_2^2}{\Omega^2L_2^2}(\varpi^2-1)^2}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2R_2\frac{1}{1+\frac{R_2^2}{\Omega^2L_2^2}\frac{(\varpi^2-1)^2}{\varpi^2}}.$$

$$\text{VII}\quad \operatorname{tg}\Phi_1=\frac{\varpi\Omega l_1}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2-\frac{R_2}{\varpi\Omega L_2}(\varpi^2-1)\left[1-\frac{l_1}{L_1}(\varpi^2-1)\right].$$

La discussion de ces équations est des plus facile. Elle présente un intérêt considérable du fait qu'il est possible, ainsi qu'on le verra par la suite, de ramener les équations du cas le plus géné-

Digitized by Google

ral à des formes très semblables. Nous commencerons par la seconde.

Il est facile de voir, en se reportant au tableau ci-dessous des valeurs des fonctions de ϖ qui figurent dans ces équations, que pour toutes les valeurs de ϖ comprises entre 0 et $\sqrt{2}$ la valeur absolue de $\varpi^2 - 1$ reste inférieure à 1 ; comme d'autre part le rapport $\frac{l_1}{L_1}$ reste toujours très faible, de l'ordre du millième dans de très bons appareils et de l'ordre de quelques centièmes dans des appareils moins parfaits, le terme $\frac{l_1}{L_1}(\varpi^2 - 1)$ peut être

$\varpi = \frac{\omega}{\Omega}$	0	0.25	0.5	0.8	0.9	1	1.1	1.2	2	4	∞
ϖ^2	0	0.0625	0.25	0.64	0.81	1	1.21	1.44	4	16	∞
$\varpi^2 - 1$	—1	—0.937	—0.75	—0.36	—0.19	0	+0.21	+0.44	+3	+15	∞
$(\varpi^2-1)^2$	1	0.86	0.56	0.13	0.036	0	0.044	0.19	9	225	∞
$\frac{(\varpi^2-1)^2}{\varpi^2}$	∞	14	2.14	0.20	0.044	0	0.036	0.132	2.25	14	∞

négligé devant l'unité. Il ne prend effectivement quelqu'importance qu'aux fréquences très élevées dépassant sensiblement la gamme des fréquences téléphoniques.

A cette approximation, l'équation VII se réduit à :

$$\operatorname{tg}\Phi_1 = \frac{\varpi\,\Omega\,l_1}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \frac{R_2(\varpi^2-1)}{\varpi\,\Omega\,L_2},$$

qui s'écrit encore en revenant à la variable naturelle ω :

VIII $$\operatorname{tg}\Phi_1 = \frac{R_2}{\omega L_2} + \omega\left[\frac{l_1}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - R_2 C_2\right].$$

L'angle de phase comporte deux termes, l'un sensible aux basses et insensible aux hautes fréquences, et l'autre insensible aux basses et sensible aux hautes fréquences. De plus, ces deux termes dépendent respectivement de données de construction différentes. Pour réduire tg Φ_1, il suffit de réduire autant que possible séparément ces deux termes.

Le premier ne s'annulera jamais, on le réduira autant que possible en réalisant une self secondaire et par suite un coefficient d'induction mutuelle aussi élevé que possible ; il reste en tous cas proportionnel à R_2. Quant au second il peut s'annuler

Digitized by Google

rigoureusement et conduit à une condition remarquable qui paraît devoir jouer dans la théorie du transformateur téléphonique un rôle de première importance.

Ce second terme est nul si :

$$\frac{l_1}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - R_2 C_2 = o,$$

IX soit : $$R_2 = \frac{n_2}{n_1}\sqrt{\frac{l_1}{C_2}}.$$

Telle est, pour une résistance de travail R_2 donnée, *la condition de moindre distorsion à haute fréquence*. Si cette condition est satisfaite l'angle de phase primaire a pour valeur :

X $$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{R_2}{\omega L_2}.$$

Le graphique 1 représente à titre d'exemple le réseau de courbes obtenues en portant tg Φ_1 en fonction de ω pour diverses valeurs de R_2 en supposant :

$L_1 = L_2 = 1$ henry, $C_2 = 10^{-8}$ farads, $l_1 = 0{,}02$ H. $\Omega = 10.000$.

Application numérique : $\operatorname{tg} \Phi_1 = f(R_2, \omega)$ $L_1 = L_2 = 1$ henry $C_2 = 10^{-8}$ $l_1 = 0.02$ $\Omega = 10.000$

$\omega =$	250	500	1500	3000	5000	7500	10000	12500	15000	20.000
$R_2 = 250$	1	0.527	0.27	0.30	0.44	0.61	0.80	0.99	1.18	1.57
750	2.94	1.47	0.52	0.31	0.24	0.24	0.26	0.30	0.34	0.42
1500	5.88	2.93	0.97	0.44	0.29	0.19	0.13	0.10	0.08	0.05
2000	7.84	3 9	1.28	0.57	0.35	0.19	0.10	0.04	—0.12	—0.08
3000	11.78	5.85	1.92	0.83	0.49	0.22	0.06	—0.05	—0.14	—0.29

La valeur de R_2 satisfaisant à la formule IX est alors :

$$R_2 = \sqrt{0{,}02 \times 10^8} = 1410.\omega$$

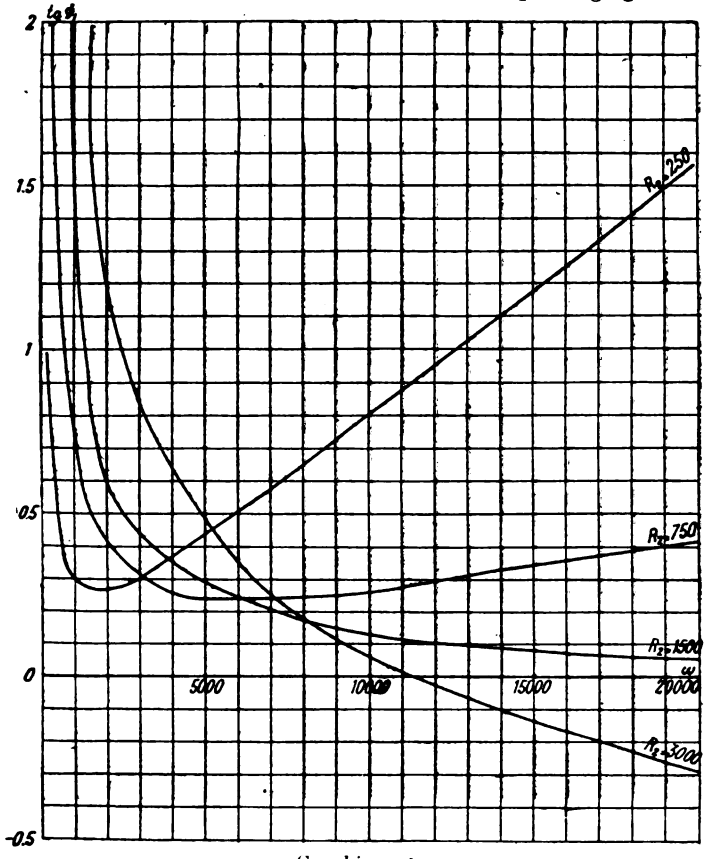
Revenons maintenant au terme réel R_1.

Si l'on songe que dans la plupart des applications ordinaires $\frac{R_2}{\Omega L_2}$ est de l'ordre de 0,1 et si l'on se reporte au tableau donnant les valeurs de $\frac{(\varpi^2 - 1)^2}{\varpi^2}$, on constate que le terme $\frac{R_2^2}{\Omega^2 L_2^2}\frac{(\varpi^2-1)^2}{\varpi^2}$ reste très petit dans un très large intervalle de part et d'autre de $\varpi = 1$ (soit $\omega = \Omega$). Dans cet intervalle, d'autant plus large que R_2 est plus petit, on peut écrire en première approximation :

Digitized by Google

XI $$R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2 \left[1 - \frac{R_2}{\Omega^2 L_2^2} \frac{(\varpi^2 - 1)^2}{\varpi^2}\right],$$

le second terme restant pendant longtemps négligeable. La



Graphique 1.

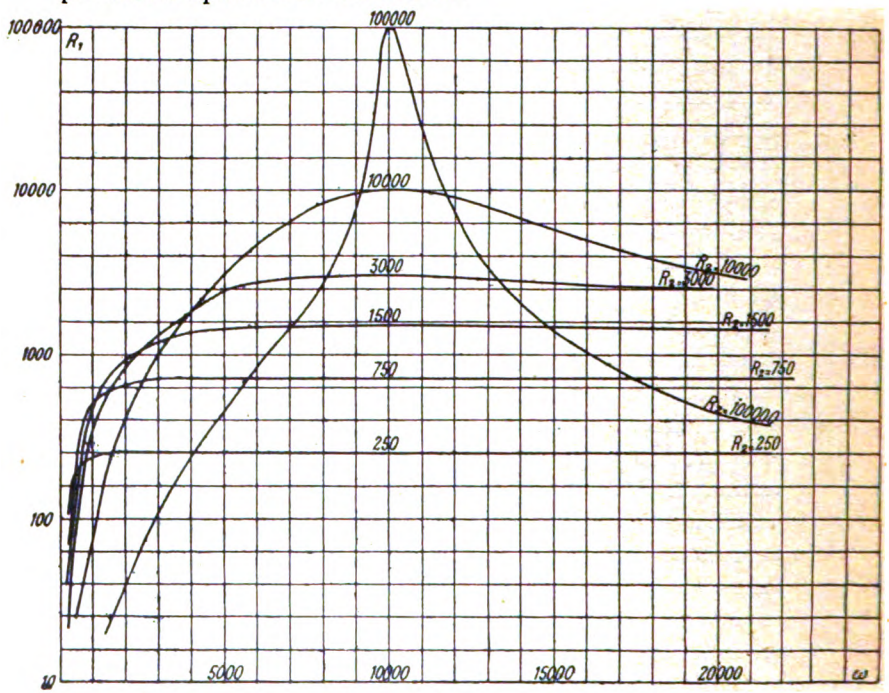
valeur principale $R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$ est celle qu'on obtiendrait avec un transformateur parfait.

Application numérique : $R_1 = f(R_2, \omega)$... id...

ω=	250	500	1500	3000	5000	7500	10000	12500	15000	20000
R_2 = 250	125	200	243	249	250	250	**250**	250	250	250
750	75	230	601	712	741	747	**750**	750	747.5	741
1500	40	151	760	1243	1426	1490	**1500**	1494	1498	1419
2000	31.8	118.4	722	1462	1835	1975	**2000**	1987	1946	1836
3000	20.7	81.8	611	1635	2495	2910	**3000**	2950	2823	2496
10000	6.25	25.1	225.5	978	3080	7160	**10000**	8320	5910	3080
100000	0.625	2.51	23.05	107.5	443	2860	**100000**	4700	1420	443

Digitized by Google

Les graphiques 2 et 3 donnent respectivement la série de courbes représentant R_1 en fonction de ω pour diverses valeurs de R_2 et celle représentant R_1 en fonction de R_2 pour diverses valeurs de ω. En réalité on a porté en ordonnées Log R_1. Les paliers des premières courbes représentent les domaines de parfaite adaptation du terme réel.



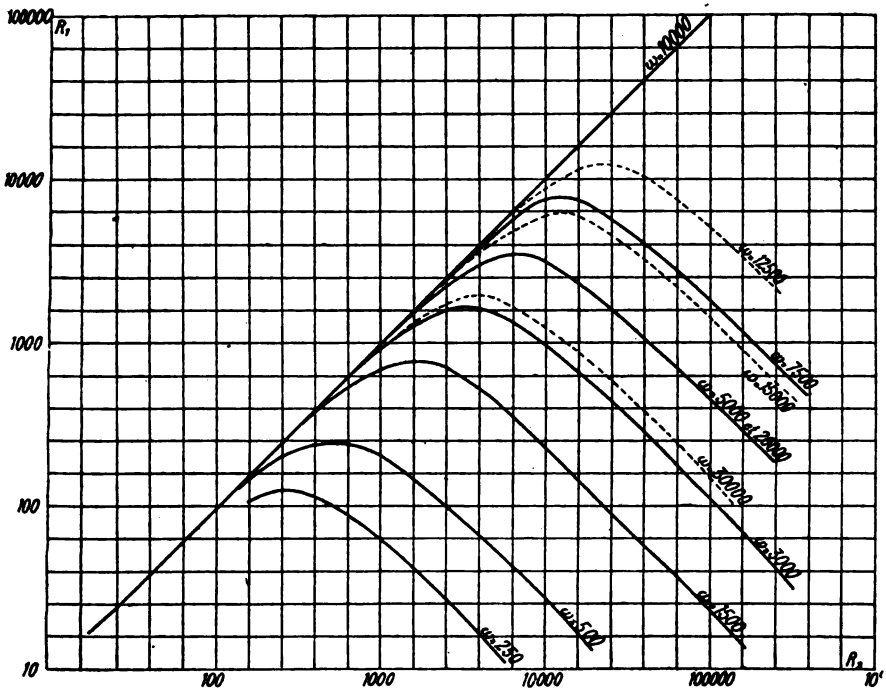
Graphique 2.

On voit que ce domaine se resserre au fur et à mesure que R_2 augmente et qu'on aura avantage à donner à Ω une valeur relativement basse, 6.000 par exemple, le terme $\frac{(\varpi^2-1)^2}{\varpi^2}$ conservant alors une valeur inférieure à 2 pour toutes fréquences comprises entre 3.000 et 12.000. Le facteur de distorsion est encore ici $\frac{R_2}{L_2}$ comme pour l'angle de phase à basse fréquence. Rien n'empêche, enfin, de satisfaire à la condition de moindre

Digitized by Google

distorsion de tg Φ_1 à haute fréquence tout en conservant une bonne adaptation du terme réel. Lorsque la condition IX est satisfaite on peut écrire :

XII $$R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R^2 \frac{1}{1 + tg^2 \Phi_1 (\varpi^2 - 1)^2}.$$



Graphique 3.

On peut donc dire en résumé qu'un transformateur téléphonique est entièrement caractérisé au point de vue de ses qualités de fonctionnement quand on connaît les quantités :

$$\frac{R_2}{L_2}, \quad l_1\left(\frac{n^2}{n_1}\right)^2 - R_2^2 C_2 \quad \text{et } \Omega.$$

Si l'on pouvait disposer à volonté de tous les éléments, l'idéal serait de se fixer une valeur de $\frac{R_2}{L_2}$ raisonnable, puis de

Digitized by Google

déterminer C_2 de façon à donner à Ω une valeur voisine de 6.000. La valeur de l_1 en résulterait par la relation :

$$l_1 = \frac{R_2^2}{\Omega_2^2 L_2} \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2.$$

Malheureusement, il n'est guère aisé d'agir sur l_1 ; l'addition éventuelle d'une petite self en série serait un pis aller de réalisation matérielle peu élégante. En général, pour un type de construction donnée, l_1 sera fixé par la valeur donnée à L_1 et L_2. On choisira donc, si possible, C_2 de façon à satisfaire à l'équation IX pour la valeur de R_2 sur laquelle l'appareil devra fonctionner ; Ω en résultera. Cette valeur devra se trouver dans la région favorable, et s'il en est ainsi le transformateur sera satisfaisant.

Il est facile de voir enfin que, quand la condition de moindre distorsion est satisfaite, on peut encore écrire :

XIII $$R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2 \frac{1}{1 + \frac{l_1}{L_1} \frac{(\varpi^2 - 1)^2}{\varpi^2}}.$$

Remarque 1. — Que dans l'expression générale III de l'impédance primaire Z_1, on fasse $R_2 = 0$, il vient :

XIV $$Z_{1b} = j\,\omega\, l_1 ;$$

qu'on fasse $R_2 = \infty$, on aura :

XV $$Z_{1i} = \frac{j\,\omega\,[l_1(\omega^2 L_2 C_2 - 1) - L_1]}{\omega^2 L_2 C_2 - 1} = j\,\omega \left[l_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \frac{L_2}{1 - \omega^2 C_2 L_2} \right].$$

Ces expressions remarquables permettent d'atteindre directement par une mesure les valeurs de certaines grandeurs caractéristiques d'un transformateur donné. La mesure de Z_{1b}, correspondant à l'essai en court-circuit, donne l_1 ; quant à l'impédance en circuit ouvert Z_{1i}, elle est de même forme que celle d'un circuit où une self l_1 serait disposée en série avec un transformateur parfait fermé sur un bouchon constitué par la self L_2 et la capacité C_2 branchées en parallèle. Elle permettra de déterminer Ω : pulsation pour laquelle Z_{1i} passe par l'infini avant de changer de signe ; quand ω tend vers zéro, Z_{1i} tend vers $l_1 + L_1$ et permet alors de déterminer L_1. Ω est dit la pulsation de résonnance du transformateur à vide.

Digitized by Google

Cette manière de déterminer l_1, L_1, L_2, Ω est en principe extrêmement directe. Toutefois dans la pratique, pour L_1, L_2, Ω, elle se heurte à une difficulté assez sérieuse. Dans le fonctionnement à vide, en effet, le flux magnétique dans le noyau est beaucoup plus grand que dans le fonctionnement en charge à même fréquence ; la perméabilité du noyau n'est pas la même. De plus l'impédance de vide Z_{11} comporte un terme réel important provenant des pertes d'énergie dans le noyau et le terme imaginaire dépend d'une façon très considérable de l'intensité primaire réalisée lors de la mesure. Cette variation des éléments caractéristiques de l'appareil en fonction de la charge, résultant en somme des variations de la perméabilité du noyau, constitue une des plus grandes difficultés dans l'établissement d'une théorie exacte. Toutefois l'expérience montre que, si ces variations sont très sensibles à vide, elles le sont beaucoup moins dans les conditions de fonctionnement normales, sauf peut être aux très basses fréquences. Cette cause d'erreur joue peu pour l_1. Ce fait tient à la très faible valeur que présente le flux et par suite l'induction dans l'essai en court circuit. Mais en ce qui concerne L et Ω on ne peut espérer obtenir des valeurs assez exactes qu'en utilisant une courbe tracée en portant en fonction de ω les valeurs limites de Z_{11} correspondant à des courants primaires infiniment faibles.

Cette précaution nécessaire complique les choses à tel point que la méthode suivante, moins directe, mais opérant dans les conditions mêmes du fonctionnement en charge, peut être préférée. L'essai en court-circuit donne l_1 sans difficulté. En traçant, d'autre part, un réseau de courbes de tg Φ_1 en fonction de ω pour diverses valeurs de la résistance secondaire on déterminera la valeur de R_2 satisfaisant à la condition de moindre distorsion IX. L'équation VIII, réduite alors à son premier terme donne L_2 ; l_1 et R_2 étant connues, C_2 se calcule à l'aide de l'équation IX.

Remarque 2. — Que, dans les formules VI et VIII, on fasse $C_2 = 0$; Ω devient infinie, $\varpi = 0$, et les équations deviennent :

Digitized by Google

$$\text{XVI} \quad \begin{cases} R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2 \dfrac{1}{1+\dfrac{R_2}{\omega^2 L_2^2}}, \\ \operatorname{tg}\Phi_1 = \dfrac{R_2}{\omega L_2} + \dfrac{\omega l_1}{R_2}\left(\dfrac{n_2}{n_1}\right)^2. \end{cases}$$

En comparant ces deux relations aux équations VI et VIII, on voit que l'influence de la capacité, très faible à basse fréquence aussi bien sur R_1 que sur $\operatorname{tg}\Phi_1$, reste encore faible sur R_1 à haute fréquence. Sur $\operatorname{tg}\Phi_1$, au contraire, cette influence prend une importance croissant en raison directe de la fréquence : le terme $C_2 R_2 \omega$ vient en compensation directe du terme $\omega \frac{l_1}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ par lequel s'exprime l'action distordante de la fuite l_1.

On arrive ainsi à la conclusion suivante :

L'introduction d'une capacité en parallèle permet de supprimer l'effet nuisible de la self de fuite à haute fréquence tout en laissant intactes les propriétés du transformateur à basse fréquence.

On peut encore présenter d'une façon un peu différente cette sorte de compensation entre les actions perturbatrices de la self l_1 et de la capacité C_2. L'équation VIII peut, en effet, s'écrire :

$$\operatorname{tg}\Phi_1 = R_2\left[\frac{1}{\omega L_2} - \omega C_2\left(1 - \frac{l_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}{C R_2^2}\right)\right],$$

soit, quand l_1 est nul :

$$\operatorname{tg}\Phi_1 = R_2\left[\frac{1}{\omega L_2} - \omega C_2\right] = \frac{R^2}{\omega\left[\dfrac{L_2}{1-\omega^2 L_2 C_2}\right]}.$$

Un effet de résonnance entre C_2 et L_2, analogue à celui qui se produit à vide, annule l'angle de phase Φ_1 quand :

$$\omega = \Omega = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}},$$

L'excitation du transformateur ne correspond plus à aucun courant déwatté primaire. Elle est entièrement assurée par le

Digitized by Google

courant absorbé par la capacité C_2, un échange permanent d'énergie s'effectuant alors sans apport d'énergie extérieure entre le condensateur et le circuit magnétique (1). Comme à ce moment, on a de plus :

$$R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2,$$

le transformateur se comporte comme un transformateur parfait, de self infinie.

L'action de la self de fuite l_1 consiste à substituer à la capacité vraie C_2 une capacité apparente moindre et fonction de R_2 et à déplacer le point de résonnance vers les hautes fréquences, ou même le supprimer complètement quand :

$$l_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \geqslant CR_2^2.$$

Remarque 3. — On sait que, tant que les pertes dans le fer sont négligeables, on peut assimiler un transformateur à un quadripole et lui appliquer les formules classiques s'y rapportant.

En particulier, l'impédance caractéristique côté primaire a pour valeur :

$$Z_{1c} = \sqrt{Z_{1i} \times Z_{1b}}.$$

En introduisant dans cette formule les valeurs XIV et XV, il vient :

$$Z_{1c} = j\omega \sqrt{l_1\left[l_1 + \frac{L_1}{1-\sigma^2}\right]}.$$

Z_{1c} est une fonction variant rapidement et de façon complexe avec ω. Nul pour $\omega = o$, son module passe par l'infini pour $\omega = \Omega$, pour tendre ensuite vers la valeur $\omega\, l_1$ aux très hautes fréquences. Il est bien clair que cette grandeur ne peut pas avoir de relation directe avec les propriétés de plus ou moins bonne adaptation du transformateur.

---

(1) Cette compensation du courant d'excitation et du courant de capacité résulte encore plus clairement de la construction graphique reproduite à l'annexe III.

Digitized by Google

3° Transformateur sans résistance intérieure comportant fuites et capacités au primaire et au secondaire. — Ce cas se ramène très simplement au précédent. Le système peut être représenté schématiquement par la figure 3 où les notations employées sont suffisamment explicites.

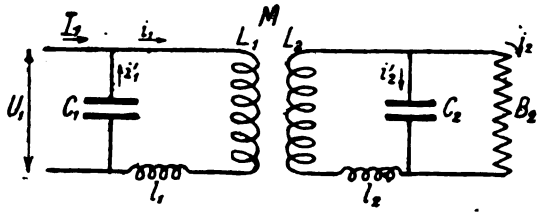


Fig. 3.

En ordonnant par rapport à I_1, i_1', i'_2, i_2, les équations du problème s'écrivent :

$$\text{XVII}\quad \begin{cases} \qquad\qquad + j\dfrac{i'_1}{\omega C_1} = U_1 \\ j\omega(L_1+l_1)I_1 + j\left[\omega(L_1+l_1) - \dfrac{1}{\omega C_1}\right] i'_1 + j\omega M i'_2 + j\omega M i_2 = o \\ j\omega M I_1 + j\omega M i'_1 + j\left[\omega(L_2+l_2) - \dfrac{1}{C_2\omega}\right] i'_2 + j\omega[L^2+l_2] i_2 = o \\ \qquad\qquad + \dfrac{j i'_2}{\omega C_2} + R_1 i_2 = o \end{cases}$$

Elles permettent de calculer I_1 en fonction de U_1 et par conséquent :

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1}.$$

En négligeant des termes du second ordre et en se contentant d'une approximation consistant à négliger devant l'unité des termes de l'ordre de $\frac{l_1}{L_1}$ et $\frac{l_2}{L_2}$, on trouve, tout calcul fait :

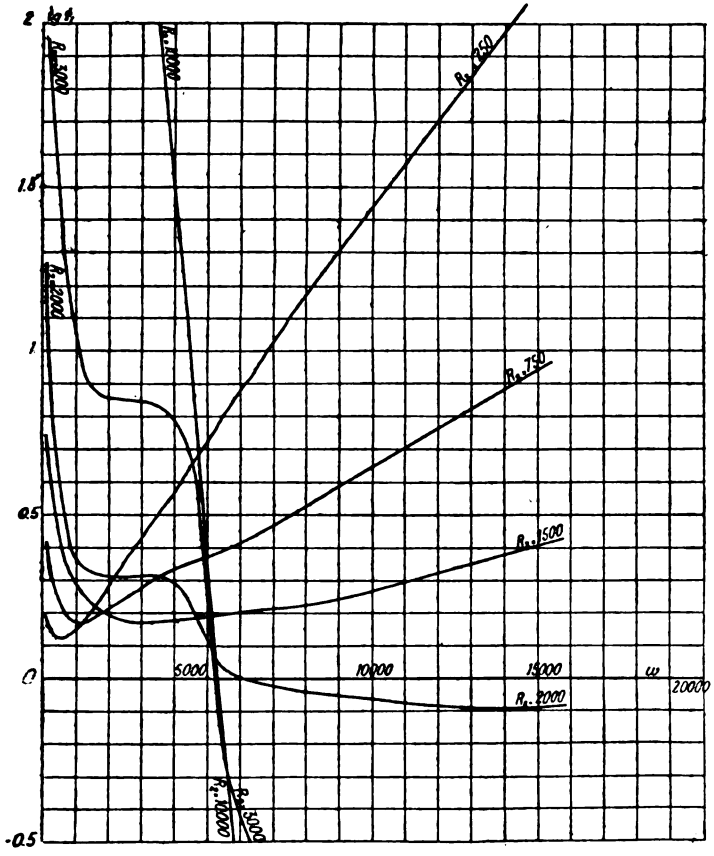
$$\text{XVIII}\qquad Z_1 = \frac{R_2\dfrac{L_1}{L_2} + j\left[\omega l - R_2\dfrac{L_1}{L_2}\cdot\dfrac{R_2}{\omega L_2}(\varpi^2-1)\right]}{1 + \dfrac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}(\varpi^2-1)^2},$$

expression dans laquelle on a posé :

Digitized by Google

XIX $\quad l = l_1 + l_2\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2, \quad \varpi^2 = \frac{\omega^2}{\Omega^2}, \quad \Omega^2 = \frac{1}{C_1 L_1 + C_2 L_2}.$

(Voir à l'annexe I le détail des calculs et justification des approximations commises).



Graphique 4.

Ce résultat est identique à celui du n° 1 lorsqu'on néglige dans celui-ci le terme $\frac{l_1}{L_1}(\varpi^2 - 1)$ devant l'unité, ainsi qu'il a été fait page 793.

Nous écrirons donc encore des relations identiques aux relations VI et VIII, savoir :

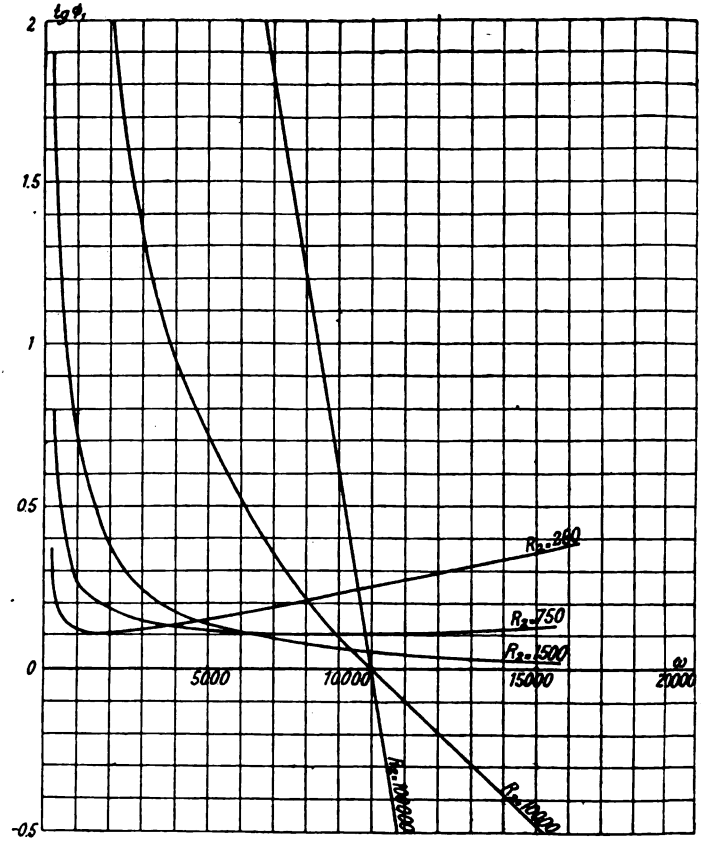
Digitized by Google

VI *bis* $$R_1 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_2 \frac{1}{1 + \frac{R_2^2}{\Omega^2 L_2^2}\frac{(\varpi^2-1)^2}{\varpi^2}},$$

VIII *bis* $$\operatorname{tg}\Phi_1 = \frac{R_2}{\omega L_2} + \omega\left[\frac{l}{R}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - R_2 C\right],$$

XX où : $$C = C_2 + C_1\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2.$$

La même discussion qu'au n° 2 s'applique intégralement et il est



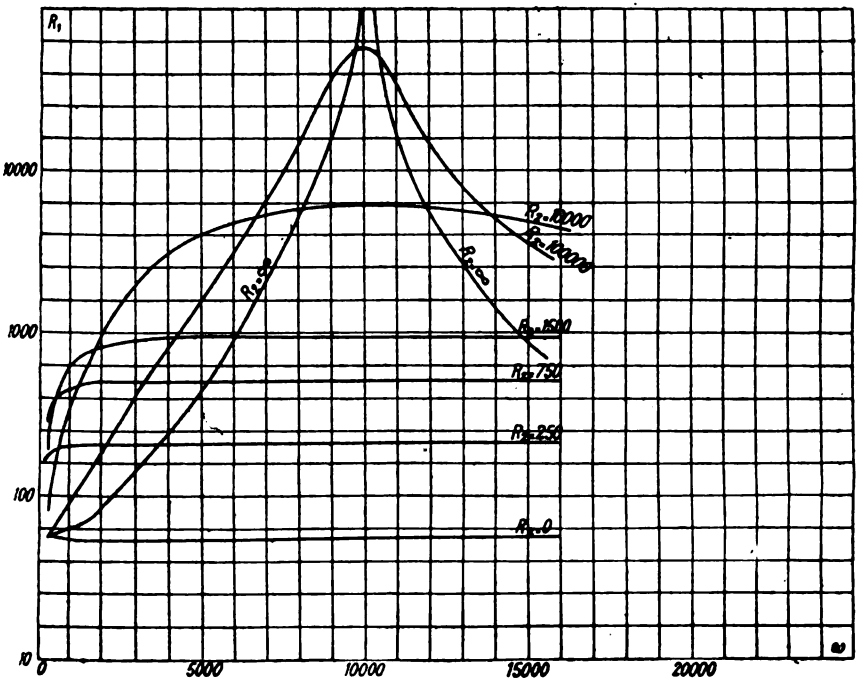
Graphique 5.

intéressant de noter que l'ensemble des 2 selfs de fuite se comporte comme une seule qu'on obtient en ajoutant la self du

Digitized by Google

secondaire « ramenée au primaire » à celle du primaire. L'ensemble des 2 capacités se comporte comme une seule qu'on obtient en ajoutant à la capacité secondaire la capacité primaire « ramenée au secondaire ».

Ces résultats sont illustrés par les graphiques 4, 5, 6, 7, qui représentent les propriétés relevées expérimentalement sur



Graphique 6.

deux types différents de transformateurs existants et seront avantageusement rapprochés des courbes théoriques 1, 2, 3.

Le graphique 4 se rapporte à un transformateur à noyau rectangulaire, dont les caractéristiques étaient approximativement :

$$\frac{n_2}{n_1} = 1{,}3 ;$$

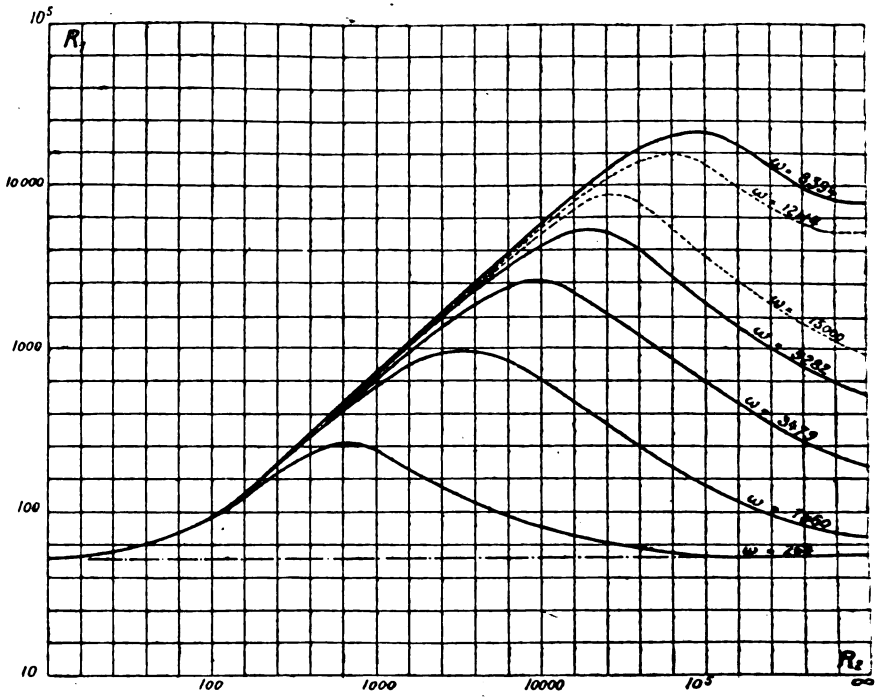
$$L_2 = 1{,}69 \times L_1 = 5^{H} ;\ l = 0^{H},03 ;\ \Omega = 4.000 ;$$

$$\text{soit } C = 0{,}0125\ \mu F.$$

Digitized by Google

Avec ces données, la condition IX est satisfaite pour une valeur de $R_2 = \frac{n_2}{n_1}\sqrt{\frac{l}{C}} = 2.000$ ohms, l'angle de phase résiduel correspondant à $\omega = 10.000$ devant être de :

$$\operatorname{tg} \Phi_1 = \frac{2.000}{10^5 \times 5} = 0{,}04.$$



Graphique 7.

A basse fréquence la forme générale des courbes expérimentales s'écarte sensiblement des courbes qu'on calculerait à l'aide des données correspondantes ; (cet écart est dû, comme on le verra plus loin, à l'influence de la résistance interne, précisément trop forte sur l'appareil choisi. Mais à haute fréquence les courbes expérimentales et les courbes calculées ont une allure assez comparable, pour qu'on puisse penser que la théorie élémentaire développée ci-dessus est très voisine de la réalité.

Digitized by Google

A noter à ce sujet la vérification remarquable à laquelle se prête la formule IX.

Le graphique 5 est relatif à un translateur à noyau toroïdal pour lequel $\frac{n_2}{n_1} = 1{,}3$; $L_2 = 1{,}69 \times L_1 = 1{,}95$ henry ;

$l = 0{,}005$; $C = 0{,}005$ μ farad ; $\Omega = 10.200$.

La condition de moindre distorsion correspond à :

$$R_2 = \frac{n_2}{n_1}\sqrt{\frac{l}{C}} = 1.300 \text{ ohms.}$$

Les graphiques 6 et 7 donnent les courbes de R_1 relatives au même translateur.

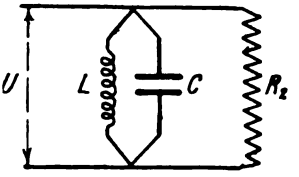


Fig. 4.

Remarque. — Il est intéressant de montrer que les résultats précédents sont en complète harmonie avec la théorie d'après laquelle on est en droit d'assimiler un transformateur en fonctionnement sur une résistance secondaire R_2 à un système constitué par cette même résistance R_2 montée en parallèle sur un bouchon comprenant une self L égale à la self propre et une capacité C égale à la capacité en parallèle du transformateur. Si on calcule l'impédance Z_1 du système représenté figure 4 on trouve :

$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{R_2} + \frac{1 - \omega^2 CL}{jL\omega},$$

soit en posant $\varpi^2 = \omega^2 CL$,

$$Z_1 = \frac{jL\omega R_2}{R_2(1 - CL\omega^2) + jL\omega} = \frac{\frac{\omega^2 L^2}{R_2} + jL\omega[1 - \varpi^2]}{\frac{L^2\omega^2}{R_2^2} + (1 - \varpi^2)^2},$$

ou encore :

Digitized by Google

$$\text{XXI} \quad Z_1 = \frac{R_2 + j\,\frac{R_2^2}{L_2\omega}(1-\varpi^2)}{1+\frac{R_2^2}{L_2^2\omega^2}(1-\varpi^2)^2}.$$

Cette expression est bien identique (pour un transformateur de rapport 1/1) à l'expression XVIII lorsque la fuite l est supposée nulle.

La comparaison des expressions XVIII et XXI montre de plus que, dans le schéma équivalent de la figure 4, la fuite du transformateur serait représentée, avec une approximation

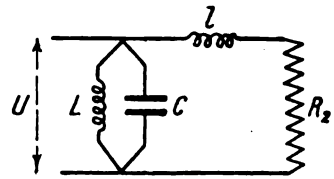


Fig. 5.

qui reste inférieure à $\frac{l}{L}$ tant que la fréquence reste inférieure ou ne dépasse pas trop la fréquence de résonnance, par une self équivalente disposée en série avec R_2, conformément à la figure 5. Pour le voir, il suffit de remplacer dans XXI R_2 par $R_2 + j\omega l$. A l'approximation faite précédemment, on retombe sur l'expression XVIII.

4° Influence de la résistance intérieure. — Supposons maintenant le transformateur doué non seulement de fuites et de capacités sur le primaire et sur le secondaire, mais encore de résistances ohmiques r_1 et r_2 non négligeables. Le calcul ne diffère de celui du cas précédent que par la présence de termes supplémentaires dans les équations de la page 802. On en trouvera le développement complet à l'annexe II. Les conclusions seules retiendront ici notre attention.

On trouve, tout calcul fait, une expression assez complexe qui, pour être discutée, a avantage à être étudiée en deux étapes, l'une relative aux fréquences assez voisines de la fréquence de résonnance, l'autre relative aux très basses fréquences.

Digitized by Google

L'expression générale (8) annexe II conduit pour les fréquences relativement élevées aux expressions approchées :

$$\text{XXII} \qquad R_1 = \frac{R_2 \frac{L_1}{L_2}\left(1+\frac{r}{R_2}\right)}{1+\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}(\varpi^2-1)^2},$$

$$\text{XXIII} \qquad \operatorname{tg}\Phi_1 = \frac{R_2}{\omega L_2} + \omega\left[\frac{l\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}{R_2+r} - \frac{R_2^2}{R_2+r}\left(C+C_1\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2\frac{2r}{R_2}\right)\right],$$

tout à fait semblables à celles obtenues pour le cas précédent et dans lesquelles :

$$r = r_2 + r_1\left(\frac{n^2}{n_1}\right)^2$$

est la somme de la résistance interne secondaire et de la résistance interne primaire « ramenée au secondaire ».

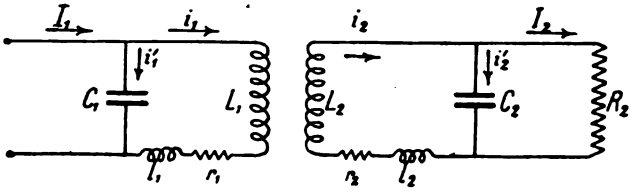


Fig. 6.

Le terme réel est augmenté du fait de la résistance intérieure ; tout se passe comme si la résistance intérieure totale ramenée au secondaire s'ajoutait à la résistance R_2 du circuit extérieur. Quant à la valeur de tg Φ_1, elle n'est modifiée que très légèrement : il est facile de voir que, dans cette expression, r agit pour produire une diminution apparente de la fuite. Quant à la capacité, elle se trouve modifiée légèrement dans deux sens opposés. La possibilité d'une compensation des effets de self de fuite par ceux de la capacité reste encore entière et conduit à l'expression :

$$\text{IX } \textit{bis} \qquad l\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - R_2^2\left[C+C_1\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2\frac{2r}{R_2}\right]=0.$$

Aux fréquences relativement hautes, le réseau des courbes R_1

Digitized by Google

et tg Φ_1 en fonction de ω aura la même allure que celui des courbes calculées sans tenir compte de la résistance intérieure. C'est ce que vérifie l'expérience ainsi qu'il résulte de la comparaison des graphiques.

- A basse fréquence, au contraire, les courbes expérimentales de tg Φ_1 présentent une différence importante par rapport aux courbes calculées sans résistance intérieure. Au lieu de tendre vers l'infini, ainsi que l'indiquerait le terme principal $\frac{R_2}{\omega L_2}$, tg Φ_1 passe par un maximum pour atteindre des valeurs relativement faibles quand ω tend vers zéro. L'explication de ce fait est contenue dans l'expression 12 de l'annexe II qui donne la valeur approchée de Z_1 à basse fréquence, laquelle, ainsi qu'on pouvait s'y attendre, tend vers :

$$Z_1 = r_1 + j L_1 \omega.$$

5° **Conclusion.** — Les calculs qui précèdent permettent de discuter entièrement le problème, posé au début, de l'adaptation de deux lignes téléphoniques lorsque les impédances de celles-ci ne comportent pas de terme imaginaire. Si ces impédances comportaient un terme réactance, il suffirait, dans les valeurs trouvées pour la grandeur désignée précédemment par Z_1, de remplacer R_2 par un terme complexe de la forme $R_2 + j\omega L_2$. Les calculs quoiqu'encore assez longs et nécessitant une étude spéciale ne présentent aucune difficulté. Voulant nous limiter, nous laisserons ces développements de côté et nous nous bornerons à tirer du cas où R_2 est purement ohmique une conclusion fondamentale. Deux lignes d'impédances purement réelles R_1 et R_2 étant données, à quelles conditions doit satisfaire un transformateur pour réaliser une adaptation parfaite et réversible à une fréquence donnée ?

L'adaptation à l'entrée côté R_1 exige la condition :

$$R_1 = Z_4 = \frac{R_2 \frac{L_1}{L_2}\left[1 + \frac{r}{R_2}\right]}{1 + \frac{R_2^2}{\omega L_2^2}(\varpi^2 - 1)^2}\,[1 + j \operatorname{tg} \Phi_1],$$

qui ne peut être satisfaite que si tg $\Phi_1 = 0$.

Digitized by Google

En se reportant à l'équation XXIII, on reconnaît que si on se limite à une fréquence bien déterminée, cette condition pourrait être, à la rigueur, réalisée. Ce cas est purement théorique et sans intérêt du fait que la communication téléphonique intéresse un domaine étendu de fréquences différentes. La seule manière pratique d'annuler tg Φ_1 consistera en fait, d'une part, à satisfaire à la condition de moindre distorsion et d'autre part à rendre $\frac{R_2}{\omega L_2}$ aussi petit que possible.

Ceci conduit à donner à M une valeur aussi grande que possible. Si maintenant l'on admet que tg Φ_1 et tg Φ_2 sont réduits à des quantités négligeables, les deux conditions d'adaptation dans les deux sens s'écrivent :

$$R_1 = \frac{R_2 \frac{L_1}{L_2}\left[1+\frac{r}{R_2}\right]}{1+\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}(\varpi^2-1)^2},$$

$$R_2 = \frac{R_1 \frac{L_2}{L_1}\left[1+\frac{r'}{R_1}\right]}{1+\frac{R_1^2}{\omega^2 L_1}(\varpi^2-1)^2},$$

qui du fait même de la petitesse de tg Φ_1 et tg Φ_2 se réduisent à :

$$R_1 = R_2 \frac{L_1}{L_1}\left[1+\frac{r}{R_2}\right],$$

$$R_2 = R_1 \frac{L_2}{L_1}\left[1+r\frac{\frac{L_1}{L_2}}{R_1}\right].$$

Ces deux équations ne peuvent évidemment être satisfaites simultanément que si $r=0$. Contrairement à ce qui se passe pour la self de fuite dont l'effet nuisible peut être compensé à toute fréquence par celui de la capacité d'enroulement, la résistance intérieure est un obstacle insurmontable à un fonctionnement réversible parfait d'un transformateur téléphonique. Le problème du transformateur téléphonique ne peut pas recevoir de solution exacte. Un compromis seul peut être envisagé.

Digitized by Google

ANNEXE I.

TRANSFORMATEUR SANS RÉSISTANCE INTÉRIEURE COMPORTANT FUITES ET CAPACITÉS AU PRIMAIRE ET AU SECONDAIRE.

Les équations XVII donnent :

$$(1)\quad Z_1=\frac{\begin{vmatrix} 0 & +\frac{j}{C_1\omega} & 0 & 0 \\ +j\omega(L_1+\ell_1) & +j\left[\omega(L_1+\ell_1)-\frac{1}{\omega C_1}\right] & +j\omega M & +j\omega M \\ +j\omega M & +j\omega M & +j\left[\omega(L_2+\ell_2)-\frac{1}{\omega C_2}\right] & +j\omega(L_2+\ell_2) \\ 0 & 0 & +\frac{j}{\omega C_2} & +R_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} +j\left[\omega(L_1+\ell_1)+\frac{1}{\omega C_1}\right] & +j\omega M & +j\omega M \\ +j\omega M & +j\left[\omega(L_2+\ell_2)-\frac{1}{\omega C_2}\right] & +j\omega(L_2+\ell_2) \\ 0 & +\frac{j}{\omega C_2} & +R_2 \end{vmatrix}};$$

$$Z_1=\frac{N}{D}=\frac{\frac{(L_1+\ell_1)(L_2+\ell_2)}{C_1C_2}-\frac{M^2}{C_1C_2}+j\left[\frac{R_2(L_1+\ell_1)}{\omega C_1C_2}\left[\omega^2C_2(L_2+\ell_2)-1\right]-\frac{\omega M^2R_2}{C_1}\right]}{-\frac{R_2}{\omega C_2}\left[\omega^2C_2(L_2+\ell_2)-1\right]\left[\omega(L_1+\ell_1)-\frac{1}{\omega C_1}\right]+\omega^2M^2R_2+j\left[\frac{(L_2+\ell_2)}{C_2}\left[\omega(L_1+\ell_1)-\frac{1}{C_1\omega}\right]-\frac{\omega M^2}{C_2}\right]}.$$

En développant, on trouve en toute rigueur :

$$N=\frac{L_1\ell_2+L_2\ell_1}{C_1C_2}+\frac{\ell_1\ell_2}{C_1C_2}-j\frac{\omega R_2}{C_1}\left[\frac{L_1+\ell_1}{\omega^2C_2}-(L_1\ell_2+L_2\ell_1+\ell_1\ell_2)\right],$$

soit en négligeant les termes $l_1\ l_2$ considérés comme étant du 2e ordre devant ceux en L_1 et L_2 :

$$N=\frac{L_1\ell_2+L_2\ell_1}{C_1C_2}-j\frac{R_2L_1}{\omega C_1C_2}\left[1+\frac{\ell_1}{L_1}-\omega^2C_2L_2\left(\frac{\ell_2}{L_2}+\frac{\ell_1}{L_1}\right)\right].$$

D'autre part, encore en toute rigueur :

$$D=R_2\left[\frac{L_1+\ell_1}{C_1}+\frac{L_2+\ell_2}{C_2}-\frac{1}{\omega^2C_1C_2}-\omega^2(L_1\ell_2+L_2\ell_1+\ell_1\ell_2)\right]+j\left[\frac{\omega}{C_2}(L_1\ell_2+L_2\ell_1+\ell_1\ell_2)-\frac{L_2+\ell_2}{\omega C_1C_2}\right],$$

soit avec la même approximation :

$$D=\begin{cases}\frac{R_2}{\omega C_1C_2}\left[\omega^2\left[L_1C_1\left(1+\frac{\ell_1}{L_1}-\omega^2C_2L_2\frac{\ell_2}{L_2}\right)+L_2C_2\left(1+\frac{\ell_2}{L_2}-\omega^2C_1L_1\frac{\ell_1}{L_1}\right)\right]-1\right]\cdots \\ \cdots -j\frac{L_2}{\omega C_1C_2}\left[1+\frac{\ell_2}{L_2}-\omega^2C_1L_1\left(\frac{\ell_2}{L_2}+\frac{\ell_1}{L_1}\right)\right].\end{cases}$$

Digitized by Google

Pour alléger l'écriture, posons :

$$(2) \qquad \ell = \ell_1 + \ell_2 \frac{L_1}{L_2}$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\ell_1}{L_1} - \omega^2 C_2 L_2 \left(\frac{\ell_2}{L_2} + \frac{\ell_1}{L_1}\right), \qquad \varepsilon_2 = \frac{\ell_2}{L_2} - \omega^2 C_1 L_1 \left(\frac{\ell_2}{L_2} + \frac{\ell_1}{L_1}\right),$$

$$\eta_1 = \frac{\ell_1}{L_1} - \omega^2 C_2 L_2 \frac{\ell_2}{L_2}, \qquad \eta_2 = \frac{\ell_2}{L_2} - \omega^2 C_1 L_1 \frac{\ell_1}{L_1}.$$

Il vient :

$$Z_1 = \frac{\omega \ell - j R_2 \frac{L_1}{L_2}(1+\varepsilon_1)}{\frac{R_2}{\omega L_2}\left\{\omega^2\left[L_1 C_1 (1+\eta_1) + L_2 C_2 (1+\eta_2)\right] - 1\right\} - j(1+\varepsilon_2)},$$

soit en multipliant haut et bas par la quantité conjuguée du dénominateur :

$$Z_1 = \frac{\left\{R_2 \frac{L_1}{L_2}\left\{(1+\varepsilon_1)(1+\varepsilon_2) + \frac{\ell_1}{L_1}\left[\left[L_1 C_1 (1+\eta_1) + L_2 C_2 (1+\eta_2)\right]\omega^2 - 1\right]\right\} + \cdots\right.}{\left. \cdots + j\left[\omega \ell (1+\varepsilon_1) - R_2 \frac{L_1}{L_2}\frac{R_2}{\omega L_2}(1+\varepsilon_1)\left[\omega^2\left(L_1 C_1 (1+\eta_1) + L_2 C_2 (1+\eta_2)\right) - 1\right]\right]\right\}}{\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}\left\{\omega^2\left[L_1 C_1 (1+\eta_1) + L_2 C_2 (1+\eta_2)\right] - 1\right\}^2 + (1+\varepsilon_2)^2}.$$

Nous considérerons encore les termes en ε_1 ε_2 comme du second ordre, de plus nous poserons :

$$(3) \qquad \varpi^2 = (L_1 C_1 + L_2 C_2)\,\omega^2,$$

ce qui permet d'écrire :

$$(4) \quad Z_1 = \frac{\left\{R_2 \frac{L_1}{L_2}\left[1 + \omega^2 L_2 \frac{\ell}{L_2}\left(C_1 \eta_1 + C_2 \eta_2 \frac{L_2}{L_1}\right)\right] + j\left\{\omega \ell (1+\varepsilon_2) + R_2 \frac{L_1}{L_2}\frac{R_2}{\omega L_2} \cdots\right.\right.}{\left.\left.\left[(1-\varpi^2)\left[1 + \frac{\ell_1}{L_1}(1 - \omega^2 C_2 L_2) - \frac{\ell_2}{C_2}\omega^2 C_2 L_2\right] - \omega^2 (L_1 C_1 \eta_1 + L_2 C_2 \eta_2)\right]\right\}}{1 + 2\varepsilon_2 + \frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}\left\{\omega^2\left[L_1 C_1 (1+\eta_1) + L_2 C_2 (1+\eta_2)\right] - 1\right\}^2}.$$

Dans cette expression le terme $\omega^2 L_2 \frac{l}{L_2}\left(C_1 n_1 + C_2 \frac{L_1}{L_2} n_2\right)$ est encore du second ordre du fait que $\omega^2 L_2 C_1$ et $\omega^2 L_2 C_2 \frac{L_1}{L_2}$ sont au plus de l'ordre de l'unité dans le domaine exploré. Si enfin, pour

Digitized by Google

chacun des termes principaux de cette expression on se contente d'une approximation de l'ordre de $\frac{l}{L}$, on a :

$$(5)\qquad Z_1 = \frac{R_2\frac{L_1}{L_2} + j\left[\omega\ell - R_2\frac{L_1}{L_2}\frac{R_2}{\omega L_2}\left(\varpi^2-1\right)\right]}{1+\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}\left(\varpi^2-1\right)^2}.$$

Chacun des termes contenus dans $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \eta_1, \eta_2$, en effet, reste de l'ordre de $\frac{l_1}{L_1}$ et $\frac{l_2}{L_2}$ dans tout le domaine des fréquences considérées pour lequel, ainsi qu'on l'a déjà vu,

$$\varpi^2 - 1 = \omega^2\left(L_2C_1 + L_2C_2\right) - 1$$

reste toujours inférieur à l'unité.

ANNEXE II.

Influence de la résistance intérieure. Cas général.

Les équations se déduisent de celles du cas traité à l'annexe I en ajoutant aux termes des déterminants de l'équation initiale (1) les termes en r_1 et r_2 nécessaires.

On aura :

$$(6)\quad Z_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0 & \frac{j}{C_1\omega} & 0 & 0 \\ r_1 + j\omega(L_1+\ell_1) & r_1 + j\left[\omega(L_1+\ell_1) - \frac{1}{C_2\omega}\right] & j\omega M & j\omega M \\ j\omega M & j\omega M & r_2 + j\left[\omega(L_2+\ell_2) - \frac{1}{C_2\omega}\right] & r_2 + j\omega(L_2+\ell_2) \\ 0 & 0 & \frac{j}{C_2\omega} & R_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} r_1 + j\left[\omega(L_1+\ell_1) - \frac{1}{C_1\omega}\right] & j\omega M & j\omega M \\ j\omega M & r_2 + j\left[\omega(L_2+\ell_2) - \frac{1}{C_2\omega}\right] & r_2 + j\omega(L_2+\ell_2) \\ 0 & \frac{j}{\omega C_2} & R_2 \end{vmatrix}}.$$

Digitized by Google

En conservant leur signification primitive aux notations N et D de l'annexe I et en posant :

$$Z_1 = \frac{N'}{D'},$$

on écrira :

$$N' = \begin{cases} N + \frac{1}{\omega^2 C_1 C_2}\left[R_2 \frac{L_1}{L_2}\omega^2 C_2 L_2\left[r_2\left(1+\frac{\ell_1}{L_1}\right)+r_1\frac{L_2}{L_1}\left(1+\frac{\ell_2}{L_2}\right)\right]-r_1(R_2+r_2)\right]\cdots \\ \cdots -j\frac{R_2 L_1}{\omega C_1 C_2}\left[\frac{r_2\left(1+\frac{\ell_1}{L_1}\right)+r_1\left(1+\frac{\ell_2}{L_2}\right)\frac{L_1}{L_1}}{R_2}+\frac{r_1 r_2 C_2}{L_1}\right]. \end{cases}$$

Posons :

$$\omega_1^2 = \omega^2 C_1 L_1 \qquad \omega^2 = \omega^2 C_2 L_2$$

$$r = r_2\left(1+\frac{\ell_1}{L_1}\right)+r_1\frac{L_2}{L_1}\left(1+\frac{\ell_2}{L_2}\right);$$

il viendra sans aucune approximation :

$$N' = N + \frac{1}{\omega^2 C_1 C_2}\left[\omega_1^2 R_2 \frac{L_1}{L_2} r - r_1(R_2+r_2) - j(\omega L_1 r + r_1 r_2 R_2 \omega C_2)\right],$$

D'autre part :

$$D' = \begin{cases} D+\frac{1}{\omega^2 C_1 C_2}\left[\omega^2 C_1 L_1\left[r_2\left(1+\frac{\ell_1}{L_1}\right)+r_1\frac{L_2}{L_1}\left(1+\frac{\ell_2}{L_2}\right)\right]+r_1 r_2 \omega^2 C_1 C_2 R_2 - r_2\right]\cdots \\ \cdots +\frac{j}{\omega^2 C_1 C_2}\left[\frac{R_2}{\omega L_2}\omega^4 C_1 C_2 L_1 L_2\left[r_2\left(1+\frac{\ell_1}{L_1}\right)+r_2\frac{L_2}{L_1}\left(1+\frac{\ell_2}{L_2}\right)\right]\cdots, \\ \cdots -R_2\omega\left(C_1 r_1^2+C_2 r_2\right)-r_1 r_2 \omega C_1\right], \end{cases}$$

$$D' = \begin{cases} D+\frac{1}{\omega^2 C_1 C_2}\left[\omega_1^2 r + r_1 r_2 R_2 \omega^2 C_1 C_2 - r_2 \cdots\right. \\ \cdots +j\left[\frac{R_2}{\omega L_2}\omega_1^2\omega_2^2 r - R_2\omega\left(C_1 r_1 + C_2 r_2\right)-r_1 r_2 \omega C_1\right]\Big], \end{cases}$$

d'où :

$$Z_1 = \frac{N\frac{\omega C_1 C_2}{L_2}+\frac{1}{\omega L_2}\left[\omega_1^2 R_2 \frac{L_1}{L_2} r - r_1(R_2+r_2) - j(\omega L_1 r + r r_2 R_2 C_2 \omega)\right]}{\begin{cases} D\frac{\omega C_1 C_2}{L_2}+\frac{1}{\omega L_2}\left[\omega_1^2 r + r_1 r_2 R_2 \omega^2 C_1 C_2 - r_2 \cdots\right. \\ \cdots +j\left[\frac{R_2}{\omega L_2}\omega_1^2\omega_2^2 r - R_2\omega\left(C_1 r_1 + C_2 r_2\right)-r_1 r_2 \omega C_1\right]\Big]. \end{cases}}$$

Remplaçons N et D par leurs valeurs trouvées à l'annexe I en utilisant les mêmes notations l, ε, r_i et en posant en outre :

Digitized by Google

$$\varpi'^2 = \omega^2\left[L_1C_1\left(1+\eta_1\right)+L_2C_2\left(1+\eta_2\right)\right]$$

$$Z_1 = \frac{\omega\ell+\frac{R_2}{\omega L_2}\left[\varpi_2^2 r\frac{L_1}{L_2}-r_1\left(1+\frac{r_2}{R_2}\right)\right]-j\left[R_2\frac{L_1}{L_2}\left(1+\varepsilon_1\right)+R_2\frac{L_1}{L_2}\left(\frac{r_1r_2}{L_1}C_2+\frac{r}{R_2}\right)\right]}{\left\{\begin{array}{l}\frac{R_2}{\omega L_2}\left[\varpi'^2-1+r_1r_2\omega^2C_1C_2+\frac{\varpi_1^2 r}{R_2}-\frac{r}{R_2}\right]\cdots\cdots\\ \cdots\cdots -j\left[1+\varepsilon_2+\frac{R_2}{L_2}\left(C_1r_1+C_2r_2\right)+\frac{r_1r_2}{L_1}C_1-\frac{R_2}{\omega^2L_2^2}\varpi_1^2\varpi_2^2 r\right]\end{array}\right.}$$

Pour alléger l'écriture nous poserons à nouveau:

$$\left\{\begin{array}{l}\rho_1 = \varpi_2^2\frac{L_1}{L_2}-\frac{r_1}{r}\left(1+\frac{r_2}{R_2}\right)\\ \rho_2 = \frac{r_1r_2C_2}{L_1}+\frac{r}{R_2}\\ \rho_3 = r_1r_2\,C_1C_2\,\omega^2+\frac{\varpi_1^2 r}{R_2}-\frac{r}{R_2}=\varpi_1^2\left(\frac{r_1r_2C_2}{L_1}+\frac{r}{R_2}\right)-\frac{r_2}{R_2}\\ \rho_4 = -\frac{R_2}{\omega L_2}\varpi_1^2\varpi_1^2 r+\frac{R_2}{L_2}\left(C_1r_1+C_2r_2\right)+\frac{r_1r_2C_1}{L_2},\end{array}\right.$$

ce qui conduit à :

$$Z_1 = \frac{\omega\ell+\frac{R_2r}{\omega L_2}\rho_1-jR_2\frac{L_1}{L_2}\left(1+\varepsilon_1+\rho_2\right)}{\frac{R_2}{\omega L_2}\left(\varpi'^2-1+\rho_3\right)-j\left(1+\varepsilon_2+\rho_4\right)}.$$

En multipliant enfin haut et bas par la quantité conjuguée du dénominateur, on trouve :

$$(7)\quad Z_1 = \frac{\left\{\begin{array}{l}R_2\frac{L_1}{L_2}\left[\left(1+\varepsilon_1+\rho_2\right)\left(1+\varepsilon_2+\rho_4\right)+\left(\frac{\ell}{L_1}+\frac{R_2r\rho_1}{\omega^2L_1L_2}\right)\left(\varpi'^2-1+\rho_3\right)\right]\cdots\\ +j\,\omega\ell\left(1+\varepsilon_3+\rho_4\right)-jR_2\frac{L_1}{L_2}\left[\left(\varpi'^2-1+\rho_3\right)\left(1+\varepsilon_1+\rho_3\right)\frac{R_2}{\omega L_2}\frac{r\rho_1}{\omega L_1}\left(1+\varepsilon_2+\rho_4\right)\right]\end{array}\right.}{\frac{R_2^2}{\omega^2L_2^2}\left(\varpi'^2-1+\rho_3\right)^2+\left(1+\varepsilon_2+\rho_4\right)^2}.$$

Cette expression peut être rapprochée avantageusement de l'expression (5) à laquelle on est parvenu à l'annexe I. On reconnaît dans l'expression (7) des termes dont les valeurs principales sont les mêmes que celles des termes de l'équation (5). En ce qui concerne les termes correctifs, on aura avan-

Digitized by Google

tage à procéder à des approximations du même genre que celles faites à l'annexe I, toutefois l'opération se présente d'une façon sensiblement plus complexe. En négligeant, en effet, devant l'unité des termes tels que ε_1, ε_2, η_1, η_2, l'approximation commise consistait, comme on la vu, à négliger $\frac{l_1}{L_1}$ et $\frac{l_2}{L_2}$ devant l'unité. Pratiquement cette approximation ne dépassera jamais l'ordre de 1 °/₀ et sera même sensiblement moindre dans le cas de très bons transformateurs pour lesquels ces rapports peuvent atteindre l'ordre de 1 °/₀₀. Les termes ρ_1, ρ_2, ρ_3, ρ_4, au contraire, font intervenir les rapports des résistances intérieures à la résistance secondaire R_2. En fait ces rapports sont sensiblement plus élevés que les rapports $\frac{l}{L}$. Il n'est pas rare de rencontrer des transformateurs des lesquels $\frac{r}{R_2}$ est de l'ordre de 5 à 10 °/₀. Admettant cet ordre de grandeur, chacun des termes correctifs en question doit faire l'objet d'une discussion particulière.

Nous procéderons, en définitive, aux approximations suivantes :

négliger $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \eta_1, \eta_2, \frac{l}{L_1}$, devant l'unité ;

négliger ρ_4 devant l'unité ; dans un transformateur bien calculé, ce terme est en effet d'un ordre inférieur à 10^{-3} dans toute l'étendue des fréquences téléphoniques ;

prendre pour valeurs approchées de ρ_2 et ρ_3 les valeurs :

$$\rho_2 = \frac{r}{R_2} ; \qquad \rho_3 = \varpi_1^2 \frac{r}{R_2} - \frac{r_2}{R_2},$$

$\frac{r_1 r_2 C_2}{L_1}$ étant de l'ordre de 10^{-4} ;

enfin le terme $\frac{R_2 r \rho_1}{\omega^2 L_1 L_2}$ qui, multiplié par un terme de l'ordre de un, figure à côté de l'unité dans l'équation (7) s'écrit :

$$\frac{R_2 r \rho_1}{\omega^2 L_1 L_2} = \frac{R_2 r C_2}{L_2} - \frac{R_2 r_1}{\omega^2 L_1 L_2} \left(1 + \frac{r_2}{R_2}\right),$$

dont le premier terme, en général de l'ordre 10^{-3}, peut être négligé devant 1.

Digitized by Google

On écrira donc finalement :

$$(8)\quad Z_1 = \frac{\left\{ R_2 \frac{L_1}{L_2}\left[1+\frac{r}{R_2}-\frac{R_2 r_1}{\omega^2 L_1 L_2}\left(1+\frac{r_2}{R_2}\right)\left[\varpi^2-1+\frac{r}{R_2}\left(\varpi_1^2-\frac{r_2}{r}\right)\right]\right] \cdots\cdots \right.}{\left. \cdots + j\omega\ell - jR_2\frac{L_1}{L_2}\left[\frac{R_1}{\omega L_2}\left(1+\frac{r}{R_2}\right)\left[\varpi^2-1+\frac{r}{R_2}\left(\varpi_1^2-\frac{r_2}{r}\right)\right]-C_2 r\omega+\frac{r_1}{\omega L_1}\left(1+\frac{r_2}{R_2}\right)\right]\right\}}{\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}\left[\varpi^2-1+\frac{r}{R_2}\left(\varpi_1^2-\frac{r_2}{r}\right)\right]^2+1},$$

formule valable aussi bien aux très basses fréquences (courants d'appel) qu'aux fréquences les plus élevées employées en téléphonie.

Cette formule encore complexe aura avantage a être simplifiée lorsqu'on désirera l'appliquer soit aux très basses fréquences soit aux fréquences téléphoniques proprement dites. Lorsque la pulsation reste comprise sensiblement entre 1.500 et 15.000 par exemple, on écrira en tenant compte de la petitesse de $\frac{R_2}{\omega L_2}$:

$$(9)\quad Z_1 = \frac{\left\{ R_2\frac{L_1}{L_2}\left(1+\frac{r}{R_2}\right)+j\left[\omega\ell - R_2\frac{L_1}{L_2}\frac{R_2}{\omega L_2}\left[(\varpi^2-1)\left(1+\frac{r}{R_2}\right)\cdots\right.\right.\right.}{\left.\left.\left. \cdots+\frac{r}{R_2}\left(\varpi_1^2-\varpi_2^2\right)-\frac{r_2}{R_2}+r_1\frac{L_2}{L_1}+\frac{r_1 r_2}{R_2^2}\frac{L_2}{L_1}\right]\right]\right\}}{1+\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}(\varpi^2-1)^2},$$

dans laquelle les trois derniers termes de la dernière parenthèse du numérateur peuvent être également négligés.

On a alors, en remplaçant partiellement ϖ_1^2, ϖ_2^2, ϖ^2 par leurs valeurs

$$(10)\qquad R_1 = \frac{R_2\frac{L_1}{L_2}\left(1+\frac{r}{R_2}\right)}{1+\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}(\varpi^2-1)^2},$$

$$(11)\quad \operatorname{tg}\Phi_1 = \frac{R_2}{\omega L_2}+\omega\left[\frac{\ell\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2}{(R_2+r)}-\frac{R_2^2}{(R_2+r)}\left(C_2+C_1\frac{L_1}{L_2}+C_1\frac{L_1}{L_2}\frac{2r}{R_2}\right)\right].$$

Lorsqu'au contraire il s'agit de fréquences très basses, comprises entre 0 et 50 périodes seconde, on écrira tout calcul fait :

Digitized by Google

$$(12)\quad Z_1 = \frac{R_2\frac{L_1}{L_2}\left[1+\frac{(R_2+2r_2)r_1}{\omega^2 L_1 L_2}\right] + j\left[\omega\left(\ell + R_2\frac{L_1}{L_2}C_2 r\right) + R_2\frac{L_1}{L_2}\frac{R_2+2r_2}{\omega L_2}\right]}{1+\frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}\left(1+\frac{2r_2}{R_2}\right)},$$

qui tend vers la valeur :

$$Z_1 = r_1 + j L_1 \omega$$

aux pulsations tout à fait voisines de zéro.

ANNEXE III.

Application de la méthode graphique.

Les résultats obtenus précédemment pour les cas simples du début peuvent s'établir facilement à l'aide de la méthode graphique. Cette manière de faire a l'avantage de mieux montrer la fonction de chacun des éléments du problème.

1° *Fuite et résistance intérieure négligeables. Capacité shuntant le secondaire.*

Soit φ le flux à travers chacune des spires ; on a :

$$(1)\quad \begin{cases} E_1 = \omega \varphi n_1 \\ E_2 = \omega \varphi n_2 \end{cases}$$

$$(2)\quad \varphi = \frac{\overrightarrow{L_1 i_1}}{n_1} + \frac{L_2(\vec{i}_2 + \vec{i}'_2)}{n_2}.$$

A l'équation II correspond le diagramme fig. 7 dans lequel φ est pris comme origine des phases. Avec les mêmes notations que précédemment, on a évidemment :

$$\operatorname{tg}\Phi_1 = \frac{\overline{VA}}{\overline{OV}} = \frac{\overline{OB} - \overline{OD}}{\overline{OQ}},$$

mais,

$$\overline{OB} = \varphi = \frac{E_2}{\omega n_2} = \frac{R_2 i_2}{\omega n_2},$$

$$\overline{OD} = \frac{L_2 i'_2}{n_2} = \frac{L_2 E_2 C\omega}{n_2} = \frac{L_2 R_2 i_2 C\omega}{n_2},$$

$$\overline{OQ} = \frac{L_2 i_2}{n_2},$$

Digitized by Google

d'où :

$$3) \qquad \operatorname{tg}\Phi_1 = \frac{R_2}{\omega L_2} - R_2 C\omega = \frac{R_2}{\omega L_2}\left[1 - L_2 C\omega^2\right].$$

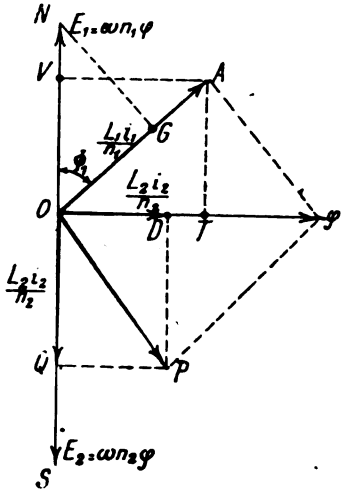


Fig. 7.

D'autre part :

$$R_1 = Z_1 \cos\Phi_1 = \frac{E_1}{i_1}\cos\Phi_1,$$

avec $$\frac{L_1 i_1}{n_1}\cos\Phi_1 = \frac{L_2 i_2}{n_2} \quad \text{et} \quad E_1 = E_2\frac{n_1}{n_2},$$

d'où :

$$R_1 = \frac{L_1}{L_2} R_2 \cos^2\Phi_1,$$

soit, en tenant compte de (3) :

$$(4) \qquad R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2 \frac{1}{1 + \frac{R_2^2}{\omega^2 L_2^2}(1 - L_2 C\omega^2)^2}.$$

2° *Self de fuite dans le primaire seul, résistance intérieure nulle, capacité shuntant le secondaire.*

La fuite ajoute au diagramme précédent un vecteur NM tel que (fig. 8) :

$$\overline{NM} = l\omega i_1 \quad \text{et} \quad \widehat{MNK} = \Phi_1,$$

la tension primaire étant alors représentée par le vecteur OM.

Digitized by Google

Soit Φ'_1 le nouveau déphasage du courant sur la tension primaire :

$$\operatorname{tg}\Phi'_1 = \operatorname{tg}(\Phi_1 + \varphi_1),$$

qu'on peut écrire, étant donnée la petitesse de φ_1 :

$$\operatorname{tg}\Phi'_1 = \operatorname{tg}\Phi_1 + \operatorname{tg}\varphi_1.$$

On obtiendra une valeur très approchée de $\operatorname{tg}\varphi_1$ en écrivant :

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\overline{KN}}{\overline{ON}} = \frac{\overline{MN}\cos\Phi_1}{\overline{ON}},$$

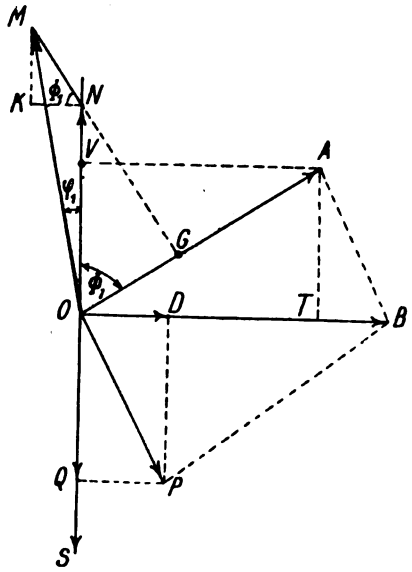


Fig. 8.

et comme :

$$\overline{ON} = E_1 = E_2\frac{n_1}{n_2} = R_2\frac{i_2 n_1}{n_2},$$

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{l\omega}{R_2}\frac{n_2}{n_1}\frac{l_1}{l_2}\cos\Phi_1 = \frac{l\omega}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2,$$

soit finalement :

$$(5)\qquad \operatorname{tg}\Phi_1' = \operatorname{tg}\Phi_1 + \operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{R_2}{\omega L_2} + \omega\left[\frac{l}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - R_2 C\right],$$

qui est bien la valeur trouvée précédemment.

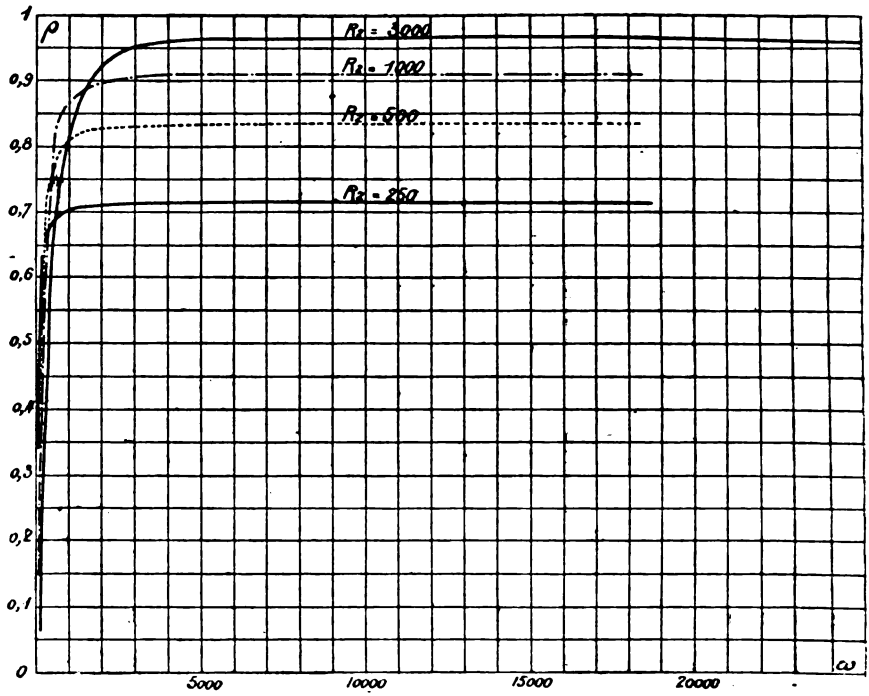
Digitized by Google

On voit facilement, enfin, que la valeur de R_1 est toujours donnée par l'équation (4), car la projection OG de $\overline{OM} = U_1$ sur OA est le même que celle de $ON = E_1$ sur OA.

ANNEXE IV.

Rendement.

L'étude qui précède serait fort incomplète si elle n'était accompagnée d'une discussion portant sur les variations que



Graphique 8.

peut subir le rendement en fonction des deux variables adoptées R_2 et ω.

Le calcul serait sans doute inextricable s'il fallait tenir comptes des pertes dans le fer. Grâce à la remarque faite au début de ce travail, on peut penser être autorisé à les négliger.

Digitized by Google

En fait les résultats d'expérience montrent que cette hypothèse n'est pas loin de la réalité dès que la fréquence prend une valeur un tant soit peu élevée et que la résistance R_2 n'est pas trop forte. C'est dans cette hypothèse que se place le calcul suivant dont les résultats ne devront bien entendu être appliqués que sous la réserve expresse qui vient d'être indiquée.

Nous traiterons de suite le cas général (notations de la fig. 6). Soient P_2 la puissance fournie par le transformateur à la résistance secondaire R_2 et p la puissance perdue dans le transformateur. Le rendement a pour valeur :

$$(1) \qquad \rho = \frac{P_2}{P_2 + p} = \frac{R_2 |I_2|^2}{R_2 |I_2|^2 + p},$$

avec

$$p = r_1 |i_1|^2 + r_2 |i_2|^2.$$

Soit E_2 la force électromotrice induite dans le secondaire, on a :

$$i_2 \left[\frac{1}{\frac{1}{R_2} + j C_2 \omega} + r_2 + j l_2 \omega \right] = E_2,$$

c'est-à-dire tout calcul fait, en toute rigueur :

$$(2) \quad i_2 = E_2 \frac{R_2 + r_2 [1 + R_2^2 C_2^2 \omega^2] + j [R_2^2 C_2 \omega (1 - l_2 C_2 \omega^2) - \omega l_2]}{[R_2 (1 - l_2 C_2 \omega^2) + r_2]^2 + \omega^2 (l_2 + r_2 R_2 C_2)^2}.$$

En procédant a des approximations du même ordre que celles faites antérieurement, et consistant ici à négliger devant l'unité $R_2^2 C_2^2 \omega^2$ et $l_2 c_2 \omega^2$, on trouve :

$$(3) \qquad i_2 = E_2 \frac{(R_2 + r_2) + j \omega (R_2^2 C_2 - l_2)}{(R_2 + r_2)^2 + \omega^2 l_2^2}.$$

Le diagramme des flux donne d'autre part :

$$\overrightarrow{\varphi} = \frac{\overrightarrow{L_1 i_1}}{n_1} + \frac{\overrightarrow{L_2 i_2}}{n_2} = j \frac{\overrightarrow{E_2}}{\omega n_2},$$

c'est-à-dire :

$$(4) \qquad i_1 = -\frac{n_2}{n_1} i^2 + j \frac{E_2}{\omega L_1} \frac{n_1}{n_2},$$

de sorte que :

Digitized by Google

$$(5)\qquad |i_1|^2 = \frac{E_1^2\left[(R_2+r_2)^2+(R_2^2C_2\omega-\omega l_2)^2\right]}{\left[(R_2+r_2)^2+\omega^2 l_2^2\right]^2},$$

et :

$$(6)\qquad |i_1|^2 = E_2^2\left[\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\frac{(R^2+r_2)^2}{\left[(R_2+r_2)^2+\omega^2 l_2^2\right]^2}+\frac{1}{\omega^2 L_1^2}\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2+\right.$$
$$\left.+\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\frac{(R_2^2C_2\omega-\omega l_2)^2}{\left[(R_2+r_2)^2+\omega^2 l_2^2\right]^2}-2\frac{(R_2^2C_2\omega-\omega l_2)}{(R_2+r_2)^2+\omega^2 l_2^2}\right].$$

Dans cette équation les termes en $\omega\,(R_2^2\,C_2 - l_2)$ peuvent encore être négligés devant $(R_2 + r_2)^2$ d'autant plus facilement que la condition $R_2^2\,C_2 - l^2 = 0$ correspond à une sorte de condition de moindre distorsion du secondaire qui sera en général bien près d'être satisfaite dans les conditions normales de fonctionnement. On trouve alors pour la perte l'expression :

$$(7)\qquad p = E_2^2\left[\left(r_2+r_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\right)\frac{(R_2+r_2)^2}{\left[(R_2+r_2)^2+\omega^2 l_2^2\right]^2}+\frac{r_1}{\omega^2 L_2^2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\right].$$

On a d'autre part :

$$I_2 = \frac{i_2}{1+jR_2C_2\omega} \text{ et, par suite, } |I_2|^2 = \frac{|i_2^2|^2}{1+R_2^2C_2^2\omega^2},$$

de sorte que l'expression du rendement (1) devient :

$$\rho = \frac{1}{1+\dfrac{p\left[1+R_2^2C_2^2\omega^2\right]}{R_2|i_2|^2}}.$$

Soit en définitive, en posant comme plus haut $r = r_2 + r_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$:

$$(8)\qquad \rho = \frac{1}{1+\left\{+\left[\frac{r}{R^2}+\frac{r_1}{\omega^2 L_2^2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\frac{\left[(R_2+r_2)^2+\omega^2 l_2^2\right]^2}{R_2(R_2+r_2)^2}\right]\right\}\left[1+R_2^2C_2^2\omega^2\right.},$$

ou encore, sensiblement :

$$(9)\qquad \rho = \frac{1}{1+\left\{1+\frac{r}{R_2}+\frac{r_1}{R_2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2\frac{2l_2^2+R_2^2C_2^2}{L_2^2}\right]\cdot}{\left\{+\frac{r_1}{R_2}\frac{(R_2+r_2)^2}{\omega^2 L_2^2}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2+rR_2C_2^2\omega^2\right.}$$

Le dénominateur du rendement contient trois termes essentiels :

Digitized by Google

Le premier, constant, donne très sensiblement la valeur maxima du rendement qui est voisine de :

$$\frac{1}{1+\frac{r}{R_2}} ;$$

Le second, qui décroît rapidement quand la fréquence s'élève, fait baisser énormément le rendement aux basses fréquences ;

Quant au troisième, il ne commence à être sensible qu'aux fréquences les plus hautes et encore là son influence est en général très faible.

Il est d'ailleurs facile de calculer la valeur de ω correspondant au rendement maximum. On trouve tout calcul fait :

$$\omega_{max} = \sqrt{\frac{n_2}{n_1}\frac{R_2+r_2}{R_2}}\sqrt[4]{\frac{r_1}{r}}\quad\frac{1}{\sqrt{L_2C_2}}.$$

Pour illustrer cette dernière étude, on a construit un réseau de courbes donnant $\rho = f(R_2, \omega)$ calculées pour un translateur dont les caractéristiques sont :

$$\frac{n_1}{n_2} = 1,\ L_1 = L_2 = 1 \text{ henry},\ l_2 = 0{,}01 \text{ henry},$$

$$C = 0{,}5.10^{-8} \text{ farads},\ r_1 = r_2 = 50 \text{ ohms}.$$

Ces courbes calculées sont tout à fait comparables à celles qu'on obtient dans la pratique.

Digitized by Google

INFORMATIONS.

Doctorat ès sciences. — M. le Corbeiller, ingénieur des Postes et Télégraphes, vient de soutenir brillamment, devant la faculté des sciences de Paris, une thèse pour l'obtention du diplôme de docteur ès sciences mathématiques. Cette thèse, qui s'intitule *Contribution à l'étude des formes quadratiques à indéterminées conjuguées*, a valu à son auteur le titre de docteur avec la mention très honorable. En attribuant ainsi au nouveau docteur la récompense la plus haute, le jury d'examen a voulu marquer l'estime dans laquelle il tenait un travail d'une vive originalité et d'une rare pénétration, dans un des domaines les plus difficiles et les plus abstraits des sciences mathématiques.

Quoique purement spéculatives pour la majeure partie, les recherches de M. le Corbeiller mettent cependant en œuvre certains moyens mathématiques dont l'ingénieur aurait intérêt à posséder un maniement aisé. C'est ce que nous montrerons plus loin en examinant les applications que peuvent avoir en électrotechnique et en technique des transmissions, certaines transformations que M. le Corbeiller étudie à fond et dont il donne des propriétés nouvelles.

La thèse, que nous allons rapidement examiner, se divise en deux parties. La première partie traite de la géométrie cayleyenne hyperbolique; la seconde expose des résultats d'ordre purement arithmétique.

Si l'on considère, dans l'espace à trois dimensions, une quadrique que l'on appelle *l'absolu*, on définit, dans la géométrie de Cayley, la distance de deux points M et M′ par la relation :

$$\text{Distance } MM' = \frac{R}{2} \operatorname{Log}\left(\frac{M'A}{M'B} : \frac{MA}{MB}\right),$$

A et B étant les deux points où la droite MM′ rencontre l'absolu et R désignant l'unité de longueur.

On définit, d'une façon analogue, l'angle de deux plans μ, μ' par

Digitized by Google

une quantité proportionnelle au logarithme du rapport anharmonique de ces deux plans et des deux plans, tangents à l'absolu, qui passent par l'intersection des deux premiers.

Les *déplacements* sont des transformations linéaires ou homographiques admettant la distance pour invariant, et conservant l'absolu. Elles conservent donc chaque système de génératrices rectilignes de l'absolu. Soient z et t les paramètres qui définissent respectivement chaque système de génératrices rectilignes ; deux génératrices z et t se coupant en un point réel si les paramètres complexes z et t sont conjugués. La correspondance linéaire la plus générale entre génératrices d'un même système, transformant les points réels de l'absolu en points réels, sera :

$$Z' = \frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta} \quad , \qquad t' = \frac{\alpha_0 t + \beta_0}{\gamma_0 t + \delta_0} .$$

Cette correspondance ne change d'ailleurs pas si l'on mutiplie α, β, γ, δ par un même nombre complexe ; on peut donc poser, pour fixer les idées : $\alpha\delta - \beta\gamma = +1$.

Il y a donc une étroite correspondance entre une substitution

$$(1) \qquad Z' = \frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta} \quad , \qquad \alpha\delta - \beta\gamma = +1.$$

et un déplacement Cayleyen.

Si l'on ne considère que la position de départ et la position d'arrivée, un déplacement quelconque de l'espace est équivalent à un déplacement hélicoïdal autour d'une certaine droite. Ce déplacement hélicoïdal se décompose en un glissement, de longueur d, le long de la droite et une rotation d'un angle φ autour de la droite. Analytiquement, on peut mettre la transformation (1) sous la forme :

$$(2) \qquad \frac{z' - p}{z' - q} = M \frac{z - p}{z - q} .$$

Elle est alors définie par trois paramètres complexes : les paramètres p et q (4 paramètres réels) définissent la droite conservée ; le paramètre M (multiplicateur) définit l'amplitude du mouvement hélicoïdal ; on a :

$$M = e^{\frac{d}{R} + i\varphi},$$

d étant la longueur du glissement et φ l'angle de rotation.

Digitized by Google

Un des résultat originaux de la thèse de M. le Corbeiller est d'avoir rattaché très élégamment les quantités d et φ aux coefficients $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: en fait, elles ne dépendent que de la somme $\alpha + \delta$, ce qui était connu. L'auteur a montré que, si l'on pose

$$\alpha + \delta = a + b\sqrt{-1},$$

l'équation du second degré :

$$2\chi^2 - (a^2 + b^2)\chi + (a^2 - b^2 - 2) = 0$$

a pour racines

$$\operatorname{ch}\frac{d}{R} \quad \text{et} \quad \cos\varphi.$$

D'autres très beaux résultats de géométrie cayleyenne, dont l'exposé dépasserait le cadre de cette notice, sont donnés par M. le Corbeiller.

La deuxième partie de cette thèse est consacrée à des recherches arithmétiques dans lesquelles les résultats de la première partie sont utilisés d'une façon très élégante.

Lorsque les nombres $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ sont de la forme $a + b\sqrt{-P}$, où a et b sont des entiers réels ordinaires, et P un nombre positif sans facteurs carrés, l'ensemble de toutes les substitutions (1) possibles forme un groupe arithmétique, le *groupe modulaire* dans le *corps quadratique* $C(\sqrt{-P})$.

L'étude des propriétés arithmétiques de ce groupe est le véritable sujet de la thèse de M. le Corbeiller. Nous n'entreprendrons pas de donner un exposé des remarquables résultats qu'il a obtenus dans ses recherches, ce qui nous entraînerait trop loin.

En rendant compte de ce travail, nous sommes beaucoup moins loin de la technique des communications qu'on ne serait tenté de le croire. En fait, dans l'exposé qui précède, nous en sommes à peine sortis.

Considérons, en effet, un réseau de conducteurs en nombre quelconque, disposés de façon quelconque, comprenant des résistances, inductances, inductions mutuelles, capacités, *mais ne comportant pas de source d'énergie*. Entre deux points A et B de ce réseau, absolument quelconques, insérons une impédance Z et mesurons l'impédance Z' que présente, entre deux autres points également quelconques du

Digitized by Google

réseau, A' et B', l'ensemble du réseau et de l'impédance Z. Nous aurons :

$$Z' = \frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta} \quad , \qquad \alpha\beta - \gamma\delta = +1.$$

La première relation provient de ce que les équations de Kirchhoff sont linéaires ; la seconde exprime la loi de réciprocité de Maxwell, qui dérive elle-même du principe de la conservation de l'énergie. D'ailleurs cette relation, qui est vraie quelque compliqué que soit le réseau, est vraie aussi à la limite, si le réseau est composé d'une infinité d'éléments infiniment petits, notamment si, entre les bornes d'entrée A' et B' et de sortie A et B (ce qu'on appelle un quadripôle), il y a une ligne de transmission de longueur l, définie par ses quatre constantes ρ, λ, γ, σ, et alors même que celles-ci seraient variables d'un point à un autre. La seule condition est que le quadripôle ne contienne pas de source d'énergie, ce que l'on exprime en disant que c'est un *quadripôle passif*.

Ces notions sont fondamentales aussi bien en électrotechnique qu'en technique des transmissions et l'on voit que l'ingénieur a quelque intérêt à connaître la théorie mathématique des substitutions homographiques, puisqu'il y trouve des éléments directement transposables en termes électriques et devant conduire à des résultats techniques.

Par exemple, si l'on envisage la transformation (1) comme une transformation dans le plan entre points d'affixes Z et Z', on démontre que cette transformation change tout cercle en cercle (1). C'est la raison pour laquelle presque tous les diagrammes de l'électrotechnique contiennent un cercle ; ce cercle est le transformé par la substitution (1) d'une droite parallèle à l'un des axes ou d'un cercle ayant son centre à l'origine, que l'on a introduit, le plus souvent sans le dire, en faisant l'hypothèse que la machine (le quadripôle) était alimentée à tension constante, à intensité constante, à puissance constante ou toute autre condition analogue.

M. A. Campbell, dans son mémoire sur les *Cisoïdal oscillations* (2), a fait grand usage des substitutions (1) pour ses recherches sur les réseaux de conducteurs.

(1) J.-B. Pomey, *Introduction à la théorie des communications téléphoniques et de la radiotélégraphie*, p. 101.

(2) *A.I.E.E.*, 1911.

Digitized by Google

Plus récemment, MM. le Corbeiller et Lange (1) ont appliqué la théorie des substitutions (2) à l'étude des filtres électriques et obtenu d'une façon extrêmement élégante la condition de filtrage correspondant à mod. $M = 1$.

Ce ne sont là que quelques exemples des services que peut rendre une connaissance approfondie des substitutions (1) à qui la possède complètement et peut la manier aisément. Il n'est pas dit qu'il n'y en ait ou qu'il n'y en aura pas d'autres. Tout permet de croire, au contraire, qu'à mesure que la théorie sera connue d'un plus grand nombre d'ingénieurs les applications qu'on en fera augmenteront sans cesse.

(1) *L'onde électrique*, octobre 1923.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Cours d'électricité : applications à la télégraphie et à la téléphonie, par Ch. Suchet, ingénieur des Postes et Télégraphes. Livre II : machines génératrices et motrices, courants alternatifs. Paris, librairie de l'enseignement technique (Bibliothèque des *Annales des Postes et Télégraphes*), 1926. 1 vol. in-8° de 244 pages, illustré de 228 figures. — Prix : 18 francs.

Ce volume contient la seconde partie du cours d'électricité professé par M. Suchet aux élèves agents-mécaniciens des P.T.T..

Nous avons donné, dans notre numéro de janvier 1926, une notice bibliographique concernant la première partie. Nous y exposions le double but poursuivi par l'auteur : ne jamais faire appel à des notions mathématiques supérieures à l'algèbre du premier degré, et signaler au passage de nombreuses applications choisies dans la technique téléphonique et télégraphique. L'ouvrage s'adresse ainsi tout spécialement au personnel des Postes et Télégraphes.

Le livre II débute par l'étude des dynamos et moteurs à courant continu. Un chapitre est consacré aux nouvelles génératrices, dites « dynamos téléphoniques », destinées à débiter soit directement, soit en tampon avec une batterie d'accumulateurs, sur un réseau téléphonique à batterie centrale. Les dispositions spéciales qui y sont prises, pour rendre aussi constantes que possible la force électromotrice, sont exposées en détail.

La principale difficulté, dans un ouvrage destiné à des lecteurs n'ayant qu'un bagage mathématique élémentaire, est l'exposition des propriétés des courants alternatifs. L'auteur utilise à cet effet la méthode de représentation des fonctions sinusoïdales par vecteurs tournants, qui permet de ramener beaucoup de problèmes complexes à des considérations simples de géométrie élémentaire. L'exposé de cette méthode est précédé d'un chapitre où sont condensées les notions de trigonométrie et de cinématique indispensables à sa compréhension.

Digitized by Google

En outre des parties traitant des propriétés des courants alternatifs et des alternateurs, transformateurs et alternomoteurs, nous remarquons un chapitre consacré aux mesures en courants alternatifs.

La relation d'équilibre du pont de Wheatstone en courant alternatif y est démontrée d'une manière rigoureuse, sans faire appel bien entendu aux imaginaires, par de simples relations de similitude entre triangles. — De même sont démontrées les propriétés du pont dont deux branches sont constituées par des résistances pures, d'où se déduisent les méthodes de mesure des selfs et des capacités en haute fréquence.

Enfin le volume se termine par deux chapitres relatifs aux oscillations électriques et aux lampes à vide, qui sont destinés à amener le lecteur au seuil de l'étude de la T.S.F..

L'ensemble de l'ouvrage constitue un manuel bien adapté aux besoins du personnel des P.T.T.. Ce dernier a d'ailleurs fait un excellent accueil au livre I, puisque la première édition en est déjà épuisée.

Cours de protection des lignes télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie, par E. Picault, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, augmenté des directives du Comité consultatif international de téléphonie, des documents officiels, et de trois notes de M. Collet, ingénieur des Postes et Télégraphes. Paris, Eyrolles, 1926. 1 vol. in-8° de 492 pages.

Depuis quelques années, des incidents et des accidents nombreux sont venus rappeler qu'il n'est pas possible d'établir, sans précautions particulières, des lignes à haute tension au voisinage des lignes télégraphiques et téléphoniques. Au danger de contact, qui seul se présentait autrefois, est venu s'ajouter le danger dû aux parallélismes importants, qui sont susceptibles d'être la cause d'accidents ou de perturbations aux lignes à courant faible, par induction entre elles et les lignes d'énergie. En 1913, en particulier, des troubles graves des communications télégraphiques ont été produits par des chemins de fer à courants monophasés ; depuis cette époque, des lignes de transport d'énergie ont donné lieu à des accidents graves.

Ces phénomènes ont donné naissance à une technique spéciale, d'ailleurs récente et encore peu connue : celle des mesures et essais

Digitized by Google

électriques sur les lignes troublées et celle des moyens de protection ; c'est principalement aux États-Unis et en Allemagne que des travaux ont été faits à ce sujet.

En 1912, le regretté Dennery créa, à l'École supérieure des Postes et Télégraphes, un cours intitulé « Contrôle des installations électriques industrielles et protection des lignes de l'État », qui fut confié d'abord à M. Girousse, puis, à partir de 1916, au titulaire actuel, d'abord comme annexe du cours de construction de lignes aériennes et souterraines, puis comme cours indépendant. En même temps était créé, sur l'initiative de M. Dennery, le Service d'études et de recherches techniques des Postes et Télégraphes, dans lequel une section de lignes aériennes et souterraines, confiée à M. Picault, s'occupait des diverses questions relatives aux influences des lignes d'énergie sur les lignes téléphoniques. Depuis cette époque, la matière du cours s'est beaucoup développée : les travaux faits aux États-Unis par le « Joint commitee of inductive interference » mettaient en évidence les diverses particularités des actions inductives entre lignes ; un peu plus tard, les travaux faits en Allemagne aboutissaient à des règles qui étaient publiées sous les auspices du « Verein deutscher Elektrotechniker ». Enfin en 1924, le Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance élaborait des directives dans lesquelles il indiquait des règles pouvant être appliquées dans l'établissement des lignes d'énergie, dans la construction des lignes téléphoniques, établies d'après l'expérience, et dont l'application peut permettre d'empêcher que des perturbations ne soient produites par les lignes d'énergie sur les lignes téléphoniques voisines.

Le cours fait à l'École supérieure des Postes et Télégraphes s'inspire de ces divers travaux ; il tient également le plus grand compte des règles imposées par l'arrêté du ministre des travaux publics déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique, dont l'étude fait d'ailleurs partie intégrante du cours ; c'est pour bien marquer ce fait que l'arrêté actuellement en vigueur a été reproduit dans cet ouvrage, bien que, dans plusieurs de ses parties, il paraisse étranger au sujet traité. Les directives du Comité consultatif international de téléphonie, qui, en même temps qu'un document officiel applicable aux lignes télépho-

Digitized by Google

niques internationales, forment le complément et l'application du cours, ont été également ajoutées à cette édition.

Trois notes, publiées récemment dans les *Annales des Postes et Télégraphes* par M. Collet, ont été ajoutées à ce cours ; elles précisent et complètent les résultats exposés dans le texte.

Les actions inductives ne sont pas seules traitées dans ce cours : la protection contre les contacts entre lignes de diverses natures forme l'objet d'un chapitre important, où sont étudiés les principaux dispositifs ayant reçu la sanction de la pratique, en France et à l'étranger. Un autre chapitre est consacré à l'électrolyse ; bien que la protection des câbles et des conduites contre l'action nuisible des courants vagabonds qui les empruntent n'ait pu encore faire l'objet de règles précises, il a été donné un exposé complet des travaux faits à ce sujet, qui, à défaut de règle, donne au moins une idée de la difficulté du problème.

Cours de construction de lignes souterraines, par E. Picault, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes. Deuxième édition, revue et augmentée. Paris, Eyrolles, 1926. 1 vol. in-8° de 360 pages.

La seconde édition, qui vient de paraître, de cet ouvrage présente par rapport à la première de grandes différences. Depuis 1919, en effet, les procédés de construction se sont modifiés ; de nouveaux types de câbles urbains ont été mis en service ; le développement de la plupart des réseaux a conduit à créer de nouveaux types de conduites ; les procédés d'établissement des réseaux urbains se sont modifiés ; les applications de la théorie de la propagation du courant téléphonique se sont développées ; des câbles pupinisés ou krarupisés sont entrés dans la pratique courante ; un réseau de lignes téléphoniques souterraines est en voie d'établissement ; enfin une instruction administrative sur la construction des lignes souterraines a fixé les diverses méthodes de travail et de construction.

Le présent ouvrage tient compte de tous ces procédés nouveaux ; l'exposé s'en applique naturellement aux câbles et aux procédés de construction utilisés en France ; mais l'auteur ne s'est pas interdit à l'occasion de donner un coup d'œil sur la technique des divers pays

Digitized by Google

étrangers. L'instruction officielle a été suivie dans ses grandes lignes, et elle a été complétée sur certains points. Le caractère pratique de l'ancienne édition a été conservé, de manière que l'ouvrage puisse être lu non seulement par les élèves de l'École supérieure, mais encore par tous ceux qui sont appelés au service civil de construction de lignes.

L'ouvrage est divisé en cinq livres; le dernier livre, qui traite des lignes interurbaines, est complètement nouveau.

Le premier livre est consacré à la description des câbles téléphoniques; les nouveaux types de câbles amorces de lignes interurbaines aériennes, les câbles pour traversées de lignes d'énergie y font l'objet d'une description complète.

Dans le second livre, consacré à la construction des lignes souterraines, la rédaction a été remaniée sur beaucoup de points : les chapitres 3 et 4 relatifs aux conduites multitubulaires, le chapitre 9 qui traite de l'organisation des réseaux urbains, ont été complètement remaniés.

Les conduites multitubulaires, qui n'avaient été employées avant 1914 qu'à titre exceptionnel, la plupart des réseaux souterrains ayant été construits en égout, se sont beaucoup répandues depuis cette époque; l'énorme développement des réseaux téléphoniques a nécessité l'emploi de procédés nouveaux de construction, et si à Paris et dans quelques villes importantes les égouts sont assez spacieux pour recevoir des lignes importantes, il n'en est pas de même dans nombre de villes de province où les égouts ne sont pas assez spacieux et sont trop souvent inondés. Les conduites multitubulaires en béton de ciment sont maintenant d'un emploi courant : leur emploi a été donné avec beaucoup de détails.

L'organisation des réseaux urbains fait l'objet d'un exposé détaillé; de l'organisation du réseau dépendent, en effet, les facilités d'extension, la manière plus ou moins rapide dont s'opère le rattachement des nouveaux abonnés, la qualité de la transmission. Toutes ces questions sont étudiées dans leur principe, la description du matériel ayant été faite au préalable dans le chapitre correspondant; le rôle des sous-répartiteurs a été exposé en détail au chapitre 9, la description du matériel ayant été faite au chapitre 5.

Digitized by Google

Les livres 3 et 4 ne présentent que des améliorations de détail par rapport à la précédente édition.

Le livre 5 est consacré à l'étude des câbles pupinisés et des lignes interurbaines en câbles. Les chapitres 1 et 2 contiennent un exposé élémentaire des principaux résultats de la théorie de la propagation du courant téléphonique. Le chapitre 3 est consacré à une étude du principe des relais téléphoniques, inséparable des câbles interurbains; le chapitre 4, à l'étude de la téléphonie multiple qui se place naturellement dans ce livre ; le chapitre 5, à la description des principaux câbles interurbains construits en France et à l'étranger. Enfin le chapitre 6 est consacré à la question importante des câbles intercalés dans les lignes aériennes.

La conférence télégraphique internationale de Paris (1925), par Th. le Danic. Paris, 10, rue de la Sablière, 1926. 1 vol. in-8° de 208 pages. — Prix : 15 francs.

L'auteur commence par un rapide historique de l'invention du télégraphe électrique, de la télégraphie sous-marine, de la télégraphie sans fil et du téléphone, puis de celui des conférences internationales.

Dans une deuxième partie, il expose les principales propositions soumises à l'examen de la conférence et indique les profondes modifications apportées par la réunion de Paris au règlement de Lisbonne.

La troisième partie contient la reproduction littérale du futur règlement télégraphique tel qu'il a été signé.

L'ouvrage constitue ainsi un sérieux document qui, aujourd'hui et plus tard, sera consulté avec profit par tous ceux qui s'intéressent à l'histoire de la télégraphie internationale.

Le Gérant,

Léon EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

NOV 6 1926

15e ANNÉE. — N° 10 OCTOBRE 1926. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories developpées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

Les machines automatiques de comptabilité et de statistique, par J. Sindou, docteur en droit..... 837

Matériel étanche de sous-répartition de câbles d'abonnés pour chambres souterraines, par J. Mailley, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 860

Régulateur Doignon, Mendonça-d'Oliveira : discussion d'une remarque faite par M. Harrison, de l'Automatic telephone manufacturing C°, au sujet du régulateur D.M.O..... 870

Recherches sur les transmissions sur les plus hautes fréquences de la T.S.F., par A. Hoyt Taylor, superintendent of radio, Naval research laboratory, Anacostia (Colombie)..... 872

Influence perturbatrice exercée par les lignes à courant fort sur les lignes de communication de toutes catégories, par M. Jager, docteur ès sciences, conseiller des postes à Berlin. 884

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

LES MACHINES AUTOMATIQUES DE COMPTABILITÉ ET DE STATISTIQUE,

Par J. SINDOU,
Docteur en droit.

Parmi les multiples inventions mécaniques, qui ont vu le jour au cours du dernier demi-siècle, et dont la science moderne peut s'enorgueillir, les machines automatiques de comptabilité et de statistique à cartes perforées, présentent un intérêt tout particulier, non seulement en raison du champ illimité de leurs applications, mais parce qu'elles interviennent dans un domaine où l'activité cérébrale avait paru jusqu'à ce jour indispensable.

La crise monétaire qui sévit depuis la guerre, par les fluctuations désordonnées qu'elle provoque sur le coût de la main-d'œuvre et des matières, rend de plus en plus difficile la direction des grandes entreprises. Les questions financières, comptables et statistiques sont passées au premier plan : les administrations publiques, les services techniques et commerciaux des sociétés privées, devant l'augmentation sans cesse croissante de leurs charges et dans l'impossibilité d'établir des prévisions sérieuses de longue durée, sont tenus de suivre au jour le jour les résultats de leur gestion. Les services de comptabilité et de statistiques, devenus plus que jamais « l'œil de la direction », se voient demander des renseignements de plus en plus nombreux et précis, ce qui entraîne pour eux un surcroît de travail et dans la plupart des cas des augmentations sérieuses de personnel.

L'attention des chefs d'entreprises s'est portée aussitôt sur la nécessité de réorganiser et de moderniser les méthodes de travail de leurs bureaux afin de leur permettre de fournir rapidement et exactement, avec un personnel aussi réduit que possible, toutes les informations susceptibles d'aider à la bonne marche de l'exploitation.

Digitized by Google

C'est ainsi, que depuis quelques années, nous assistons, dans les administrations publiques et les grandes entreprises privées, à une transformation complète de certains services. Les procédés de classement scientifique, les fiches et folios mobiles, les machines à copier et à calculer ont permis non seulement de simplifier le travail, mais d'accroître dans de notables proportions le rendement du personnel. On est même arrivé à faire exécuter par des machines entièrement automatiques toutes les opérations de recherches, de classement et de groupement que nécessite la tenue d'un compte ou d'une statistique.

Les machines automatiques de comptabilité et de statistique constituent un progrès considérable et laissent loin derrière elles tous les autres procédés connus. Il nous paraît intéressant d'exposer ici le fonctionnement de ces machines, basé sur un principe entièrement nouveau, et de montrer ce que permet actuellement leur utilisation en France et à l'étranger. Nous verrons que les services qu'elles sont appelées à rendre sont à peu près illimités, et qu'elles sont destinées à se substituer aux procédés actuels dans toutes les entreprises qui peuvent en avoir l'emploi.

Le système d'enregistrement à cartes perforées. — C'est à l'américain Hermann Hollerith que revient le mérite d'avoir imaginé, à la fin du siècle dernier, un procédé mécanique, dénommé le *tabulating system* ou *système à cartes perforées*, permettant d'effectuer dans des conditions exceptionnelles de précision et de rapidité toutes les opérations de classement, de report et d'addition qui constituent la comptabilité et la statistique.

Dès l'année 1890, les machines statistiques à cartes perforées furent utilisées aux États-Unis pour le recensement de la population. L'expérience fut concluante : non seulement les résultats furent connus en cinq fois moins de temps et avec beaucoup moins d'erreurs que par l'ancienne méthode, mais encore l'économie obtenue se chiffra à plus de 500.000 dollars. Le système se généralisa dès lors rapidement dans les grandes Administrations et Compagnies américaines.

Digitized by Google

En 1913, l'Américain Waterbury imagina à son tour un système de statistique purement mécanique, que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de *système Powers*, et qui est basé également sur les principes du tabulating system.

Description du système. — Le « tabulating system » consiste, après avoir représenté par des nombres tous les renseignements que l'on veut introduire dans la comptabilité, à transcrire ces nombres au moyen de perforations à l'emporte-pièce sur des cartes d'un modèle particulier, qui sont ensuite triées, enregistrées et additionnées à l'aide de machines électriques automatiques.

Le système comporte quatre éléments essentiels : les cartes, la poinçonneuse ou perforeuse, la trieuse et la tabulatrice. L'organisation peut être complétée par divers accessoires tels que casiers de classement, meubles à cartes, feuilles à statistiques imprimées et aiguilles à trier.

Carte perforée (fig. 1). — La carte utilisée pour les machines à statistiques est une fiche rectangulaire imprimée, en carton souple, d'un seul format ($18^{cm},75 \times 8^{cm},25$). Une carte comporte 45 colonnes verticales de chiffres, à espacement serré ; chaque colonne renferme 10 chiffres, de 0 à 9, dont le nombre peut être porté à 12 par superposition (1).

Les colonnes sont réparties en zones, disposées dans un ordre convenable, suivant les besoins de l'application envisagée. L'en-tête imprimée de chacune de ces zones indique la nature des renseignements qu'elle est destinée à recevoir (année, mois, jour, localité, etc...).

La disposition et le tracé des cartes perforées peuvent varier à l'infini, suivant le nombre et le genre de données à enregistrer. La fiche perforée représentée par la figure n° 1 est le modèle utilisé, depuis plus de deux ans par la Compagnie d'Orléans pour le calcul des primes des mécaniciens et chauffeurs,

(1) En particulier pour l'indication de la date ou pour l'augmentation des colonnes au delà de 45.

Digitized by Google

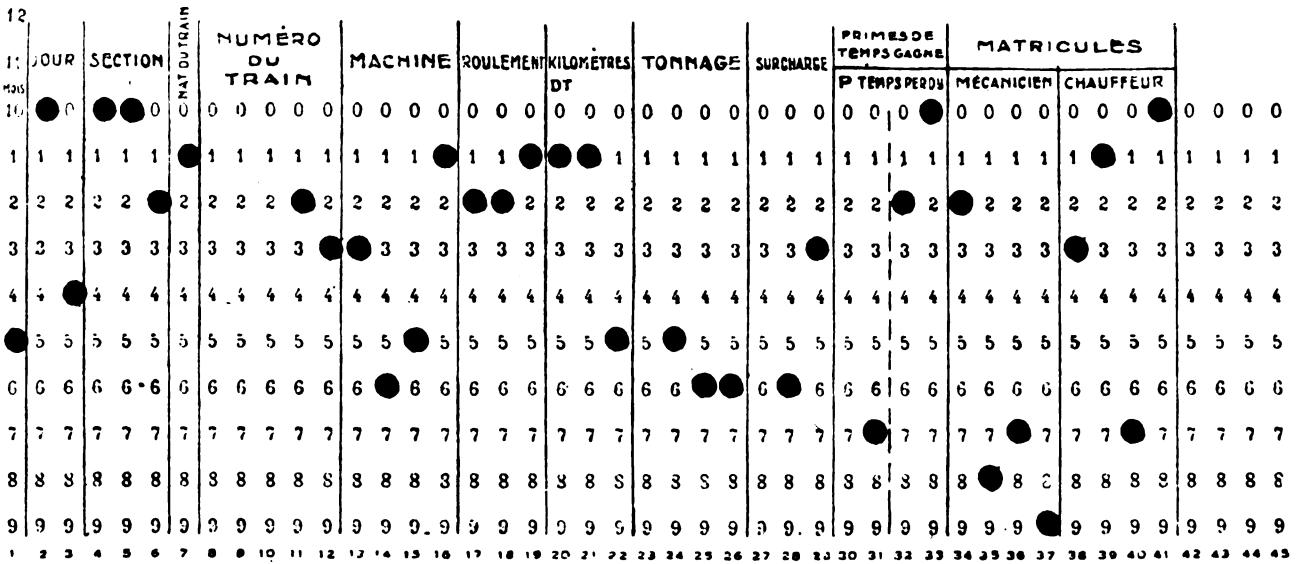


Fig. 1 — Modèle de fiche utilisée par le service de la traction de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans.

Le signe ● indique les chiffres perforés.

Cette fiche est la copie du journal de marche d'un train et se lit de la manière suivante :

Mois : 5	4 mai.	Machine : 3.651	Machine 3.651.
Jour (1) : 4		Roulement : 221	Roulement n° 221.
Section (1) : 2	Orléans-Tours.	Kilomètres parcourus	115.
Nature du train : 1	Rapide.	Tonnage kilométrique (en 100 TK)	566.
Numéro du train : 23	Train 23.	Surcharge (en 100 TK)	63.
		Prime de temps gagné	7'20.
		Matricule : mécanicien 2.879	Belin, René.
		Matricule : chauffeur 3.170	Arnaud Georges.

(1) La perforation des zéros dans les zones ci-dessus est nécessaire pour le classement des fiches à la trieuse. Les zones concernant les kilomètres, le tonnage, la surchage et les primes sont des *zones de totalisation* ; les autres, des *zones de classement*.

Digitized by Google

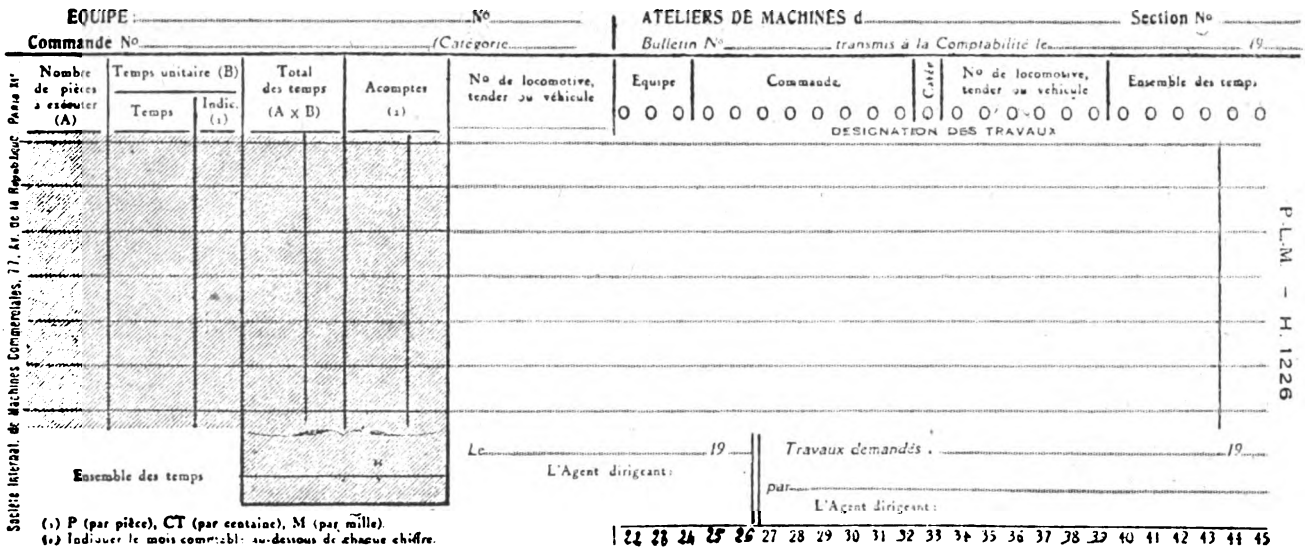


Fig. 2. — Fiche à deux usages utilisée par les chemins de fer P.-L.-M. (Prix de revient d'ateliers).

Digitized by Google

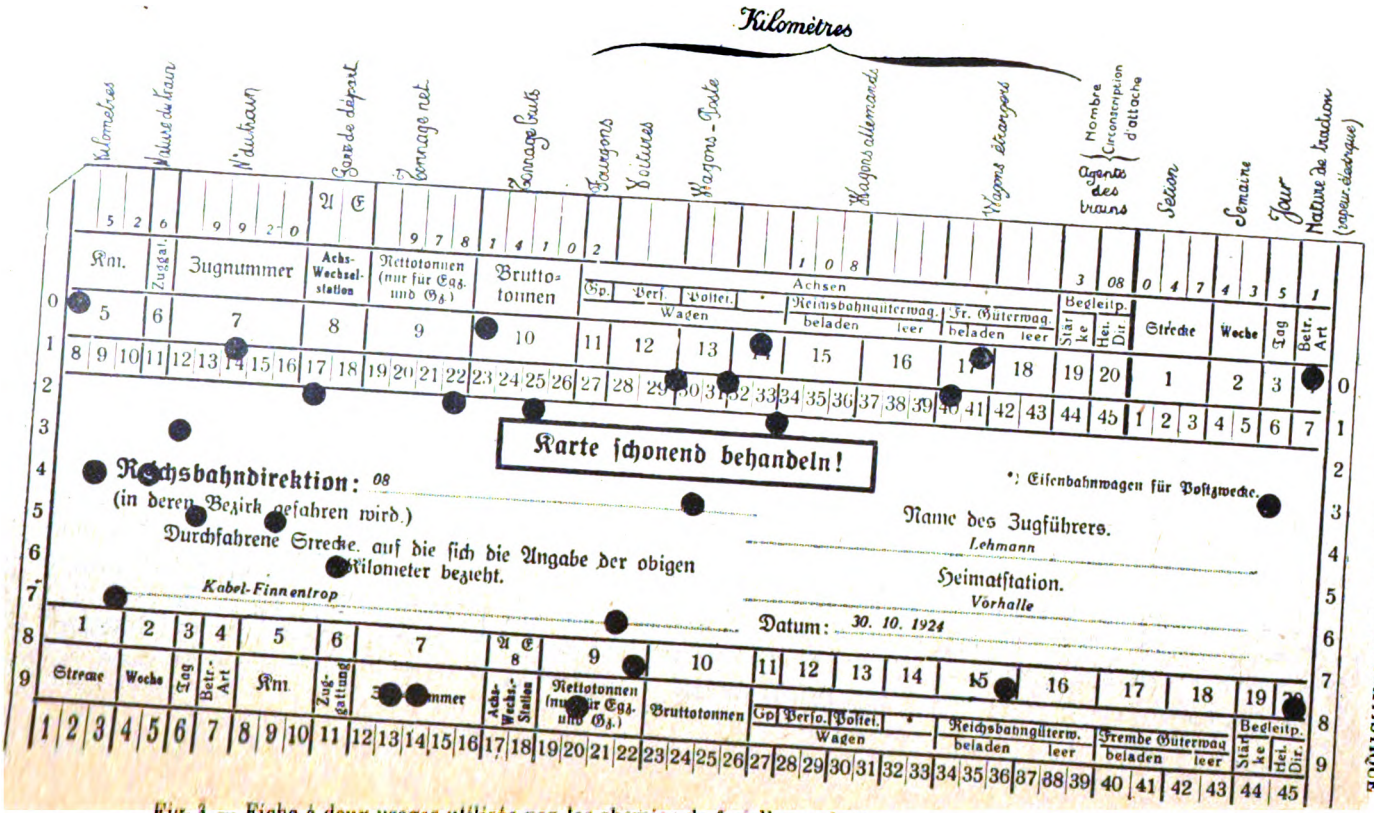


Fig. 3. — Fiche à deux usages utilisée par les chemins de fer allemands (tonnage et parcours des trains).

Digitized by Google

ainsi que pour l'établissement des statistiques diverses relatives aux tonnages remorqués et aux parcours des machines et des trains.

L'établissement du tracé d'une carte demande beaucoup de soin ; la carte perforée est en effet l'organe principal du système, puisqu'elle intervient nécessairement dans toutes les opérations, et le bénéfice que procure à une entreprise l'utilisation des machines automatiques dépend essentiellement du nombre de statistiques qui peuvent être tirées des cartes perforées. Le modèle de fiche adopté doit donc s'adapter aux divers travaux à exécuter, et permettre de placer sur les cartes tous les renseignements à analyser. En outre un tracé bien étudié facilite grandement la perforation, le classement et la totalisation.

Le plus souvent les cartes sont établies d'après d'autres documents originaux (factures, feuilles de trains, etc...) mais on peut également dans différents cas employer les cartes elles-mêmes pour recevoir les renseignements initiaux portés à la main. Les cartes de ce genre, dénommées cartes à deux usages (fig. 2 et 3), comportent une partie réservée à l'inscription des renseignements, qui seront ensuite reportés sous forme de perforations dans les colonnes correspondantes. Actuellement les cartes à deux usages sont employées en particulier pour l'établissement des prix de revient ; elles servent alors de fiches de travail ou de bons de matières.

Poinçonneuses (fig. 4). — Les cartes sont perforées au moyen d'une première machine, la poinçonneuse, électrique ou à main, qui présente une certaine analogie avec une machine à écrire. La poinçonneuse se compose d'un clavier de 10 touches numéroté de 0 à 9 et de deux touches supplémentaires de secours pour trouer les cartes au dessus de zéro. Les touches commandent un jeu de poinçons et la carte à poinçonner fixée sur un chariot se déplace automatiquement de la largeur d'une colonne à chaque perforation.

Assis devant la machine, l'opérateur lit les pièces originales à transcrire, et tape, comme sur une machine à écrire, les indications à enregistrer.

Digitized by Google

Le poinçonnage des fiches est un travail très simple, qui n'exige chez l'opérateur aucune connaissance spéciale. La vitesse de perforation varie naturellement selon la lisibilité des docu-

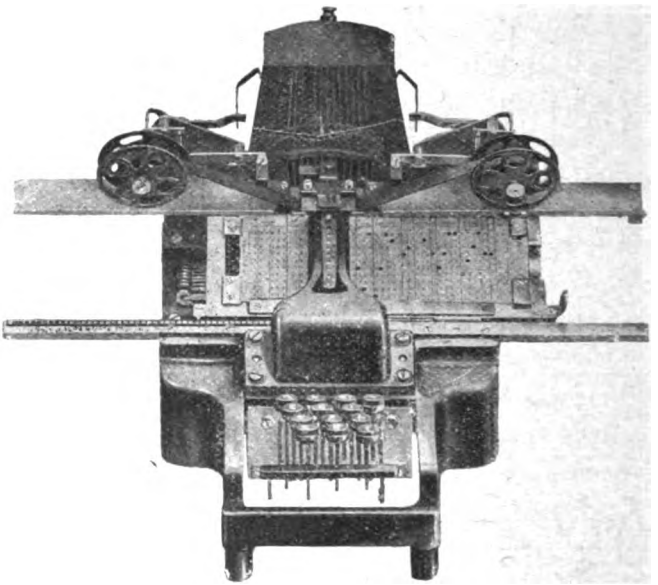


Fig. 4. — Poinçonneuse imprimante.

ments à transcrire, le nombre de colonnes perforées et l'habileté de l'opérateur ; elle permet toutefois d'atteindre aisément une proportion moyenne de 800 à 1.000 fiches par jour et par machine.

Trieuse (fig. 6 et 7). — Comme son nom l'indique, cette machine classe et répartit les cartes suivant un ordre fixé à l'avance. La trieuse reçoit son mouvement d'un petit moteur électrique et son fonctionnement est entièrement automatique.

Le paquet de cartes à trier est placé dans un magasin ou couloir d'alimentation situé à l'extrémité droite (fig. 6) ou à la partie supérieure (fig. 7) de la machine, et devant lequel se déplace un curseur portant, selon le type de trieuse, un petit balai métallique ou 12 tiges sélectrices. L'opérateur fixe le curseur vis-à-vis de la colonne de fiches qu'il désire trier, et met en

Digitized by Google

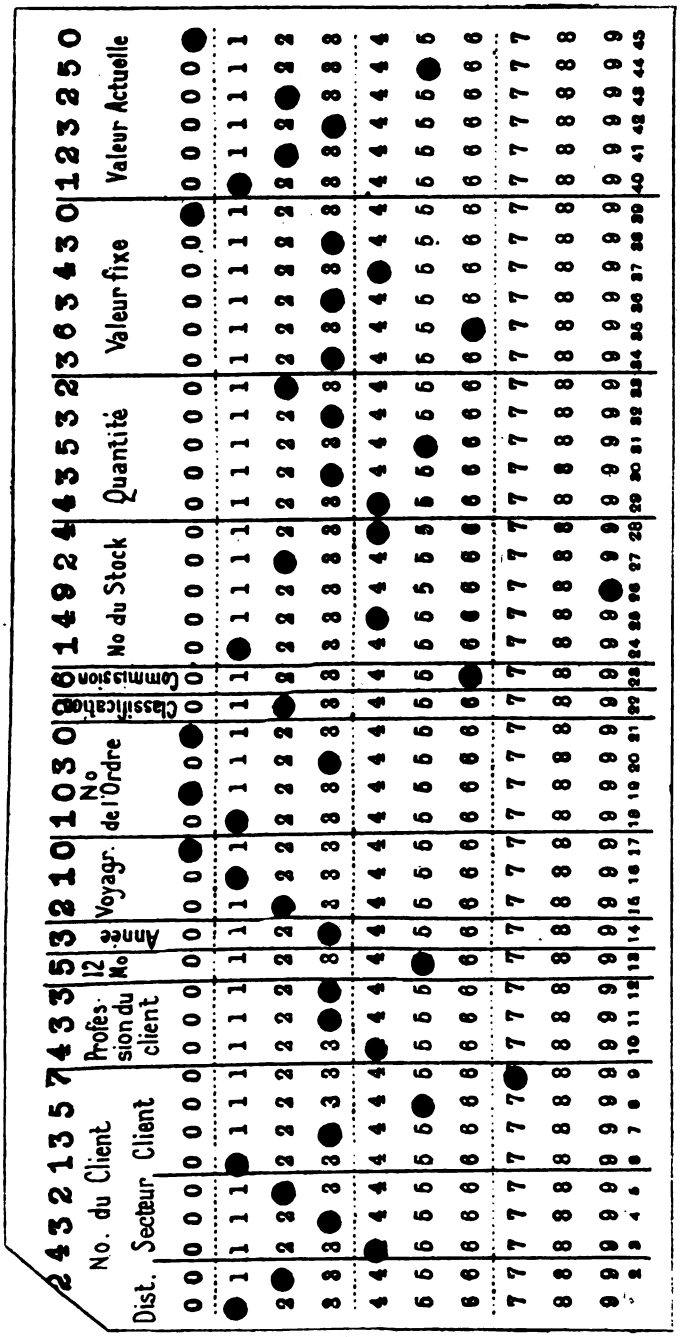


Fig. 5. — Fiche perforée et imprimée par la poinçonneuse imprimante.

Digitized by Google

marche la machine au moyen d'une pression exercée sur un bouton. Aussitôt les cartes glissent une à une et vont se répartir à une vitesse vertigineuse dans les douze cases inclinées qui occupent le milieu de l'appareil.

Les balais métalliques ou les tiges sélectrices appliqués contre la carte, établissent un contact électrique chaque fois qu'une perforation se présente ; grâce à un jeu d'engrenages, le

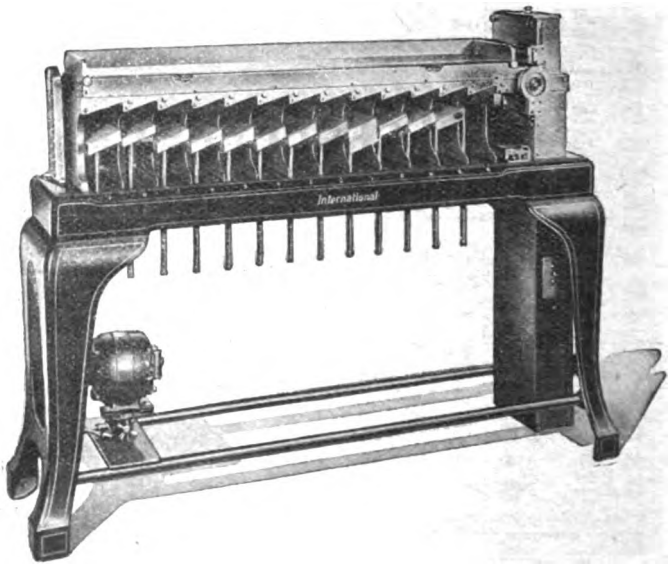


Fig. 6. — Trieuse horizontale.

passage de la case correspondant au chiffre perforé s'ouvre et la carte, entraînée par une chaîne sans fin, tombe dans la case ouverte.

Le classement s'effectue donc colonne par colonne et dans chaque colonne par chiffre. Quand une zone comporte plusieurs colonnes, les cartes doivent être triées autant de fois qu'il y a de colonnes :

Exemple : pour grouper les fiches concernant la machine n° 3.651 (fig. 1), nous devrons procéder à quatre passages des fiches à la trieuse, qui nous donnera, par éliminations successives, les fiches comportant :

Digitized by Google

le chiffre 1 dans la colonne n° 16,
le chiffre 5 dans la colonne n° 15,
le chiffre 6 dans la colonne n° 14,
le chiffre 3 dans la colonne n° 13.

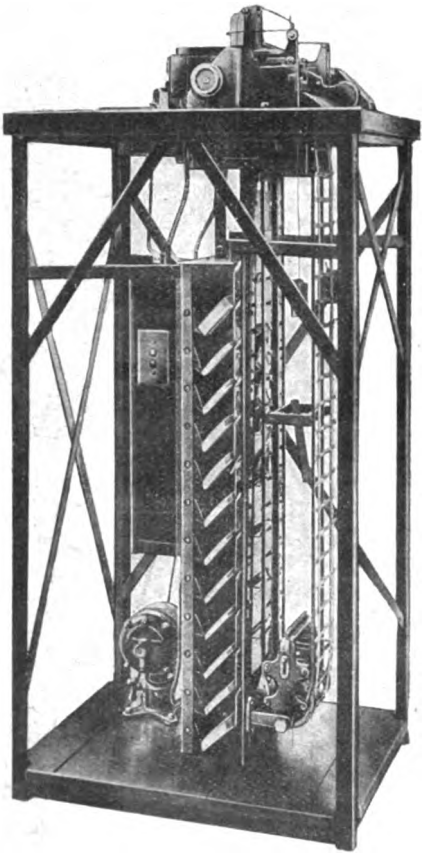


Fig. 7. — Trieuse verticale.
Les cartes perforées placées dans le magasin situé à la partie supérieure sont entraînées par la chaîne sans fin et réparties dans les 12 cases visibles sur la figure.

La vitesse moyenne de la trieuse est de 250 fiches à la minute.

Tabulatrice (fig. 8, 9 et 10). — Quand le classement est terminé, on procède aux additions. A cet effet les cartes sont introduites dans une troisième machine la tabulatrice, à fonc-

Digitized by Google

tionnement automatique et qui accomplit les opérations suivantes sans intervention de l'opérateur :

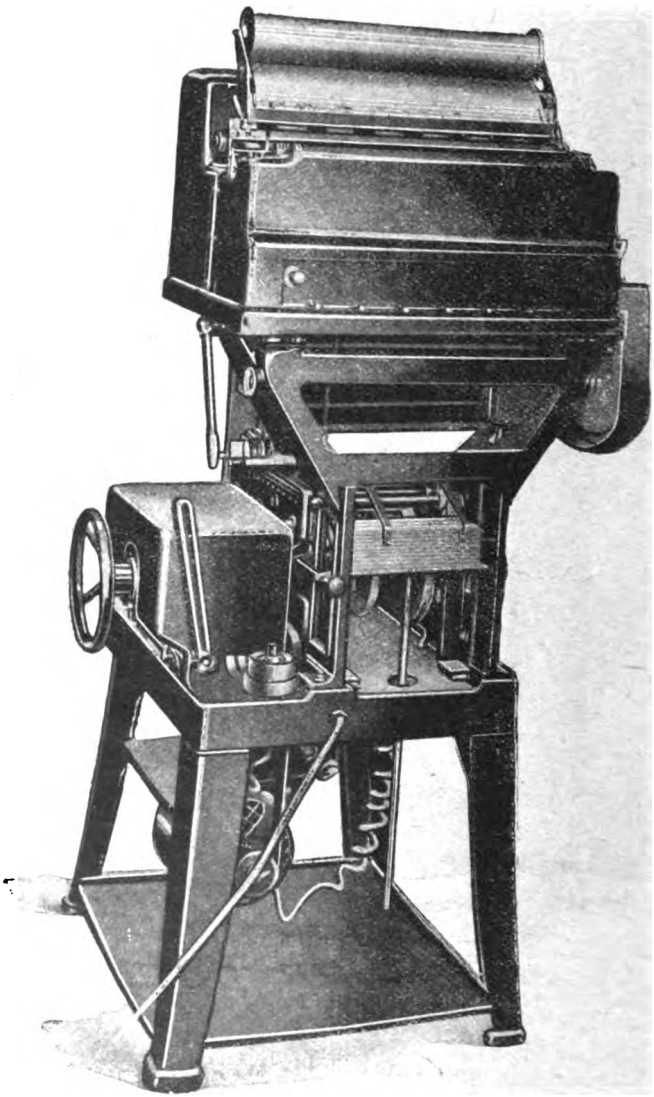


Fig. 8. — Modèle de tabulatrice.

a) elle retraduit en chiffre les renseignements perforés et inscrit en colonnes, sur un rouleau de papier blanc ou sur des

Digitized by Google

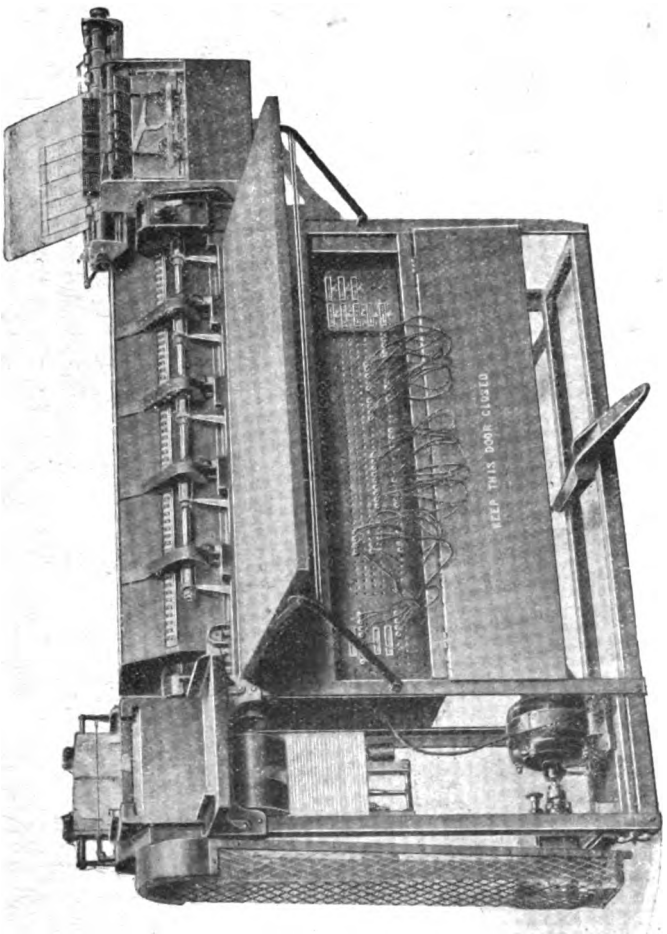


Fig. 9. — Modèle de tabulatrice.
Au fur et à mesure du passage des fiches perforées, les compteurs enregistrant les données numériques.

Digitized by Google

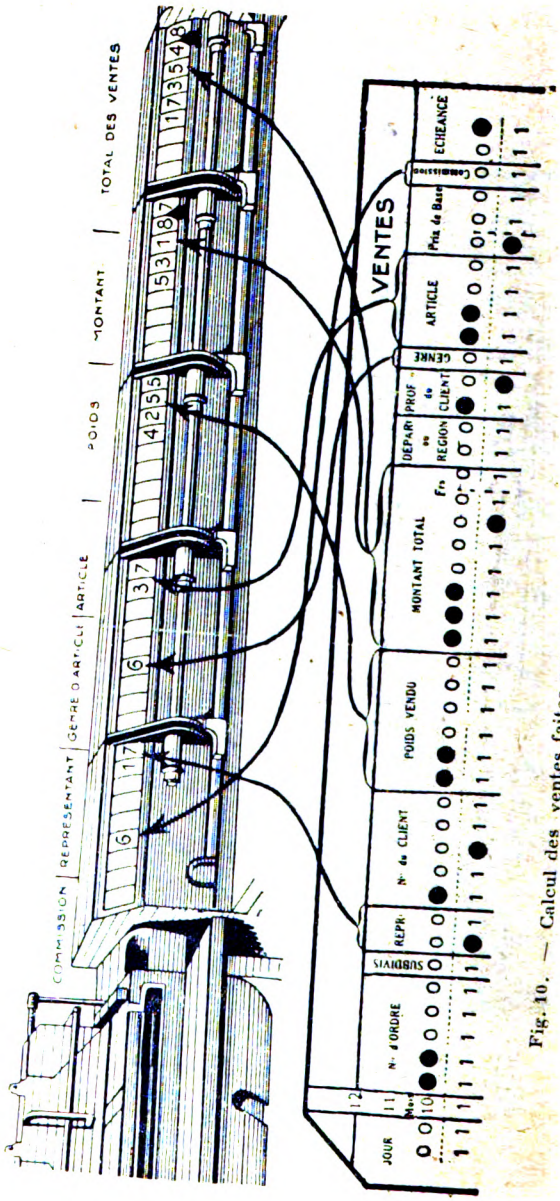


Fig. 10. — Calcul des ventes faites par un représentant pour un article déterminé.

Digitized by Google

feuilles réglées à en-tête, les nombres correspondant aux perforations des fiches ;

b) elle additionne les chiffres de chaque zone (1) et imprime les résultats.

Dans l'exemple que nous avons pris précédemment, les fiches de la locomotive d'express 3.651 une fois triées, leur passage à la tabulatrice permet d'obtenir le relevé détaillé (fig. 11) ainsi que le total des kilomètres parcourus par cette machine.

Comme la trieuse, la tabulatrice est actionnée par un petit moteur électrique et fonctionne d'après le même principe : une série de petits balais métalliques exploreurs ou une boîte à goujons, font communiquer les cartes perforées, au moyen de contacts électriques, avec des compteurs et un dispositif d'impression.

La vitesse de tabulation varie entre 55 et 150 fiches à la minute, selon que la tabulatrice imprime les données de chaque carte ou simplement les totaux.

Avantages des machines à statistique. — Le système à cartes perforées arrive en définitive au même résultat que le travail à la main, puisqu'il aboutit à l'établissement des relevés détaillés et additionnés.

La création des fiches perforées n'est donc qu'un moyen particulièrement ingénieux de substituer aux méthodes anciennes de plus en plus coûteuses et insuffisantes, des machines à grand rendement qui effectuent avec une dépense infime de personnel, le travail fastidieux qu'est le classement des renseignements nécessaires à la statistique.

Dès que les données relatives à un objet ou à une opération sont représentées par les perforations d'une fiche, toutes les combinaisons ou séries de combinaisons de ces données peuvent être réalisées, inscrites ou totalisées, par des moyens uniquement mécaniques et automatiques.

---

(1) Dans chaque cas, l'opérateur règle la tabulatrice pour obtenir seulement le total des nombres à additionner ; les zones dites « de classement » (jour, mois, numéro de machine,...) ne sont pas totalisées.

Digitized by Google

Reprenons comme exemple la fiche perforée représentée par la figure 1. A l'aide de cette fiche, le service de la traction de la compagnie d'Orléans exécute actuellement, d'une façon régulière, les travaux suivants :

a) relevé, par locomotive, des parcours et du tonnage brut remorqué mensuellement, en vue de connaître le travail effectué par chaque machine et de déterminer l'allocation d'huile et de combustible à laquelle elle a droit ; le nombre des comptes de machines arrêtés ainsi chaque mois par la tabulatrice est de 8.000 environ ;

b) relevé par mécanicien et chauffeur des primes pour temps regagné et des pénalités pour temps perdu ; les comptes individuels des mécaniciens et chauffeurs s'élèvent à 6.000 par mois environ ;

c) statistiques diverses obtenues en combinant sous les formes les plus variées les éléments reproduits sur les cartes perforées (classement et groupement des tonnages et des parcours par date, pour une période déterminée, par section de ligne, par train, par série de machines, etc...).

Parmi ces statistiques, une des plus importantes est le calcul du rendement de chaque série de locomotives sur un parcours déterminé (rapport de la charge moyenne remorquée à la charge maxima que peut remorquer la machine) pour contrôler l'utilisation des machines.

Application du système d'enregistrement à cartes perforées. — Le champ d'application des machines automatiques est pour ainsi dire illimité. Il est évident toutefois que des machines d'un pareil rendement ne peuvent être utilisées avec avantage que par les Administrations Publiques et les grandes Entreprises ayant d'importants services de comptabilité et de statistiques.

C'est ainsi qu'aux États-Unis, où le système à cartes perforées est depuis longtemps d'un usage courant, les départements ministériels, les municipalités, les compagnies d'assurances et de navigation, les compagnies de chemins de fer effectuent par

Digitized by Google

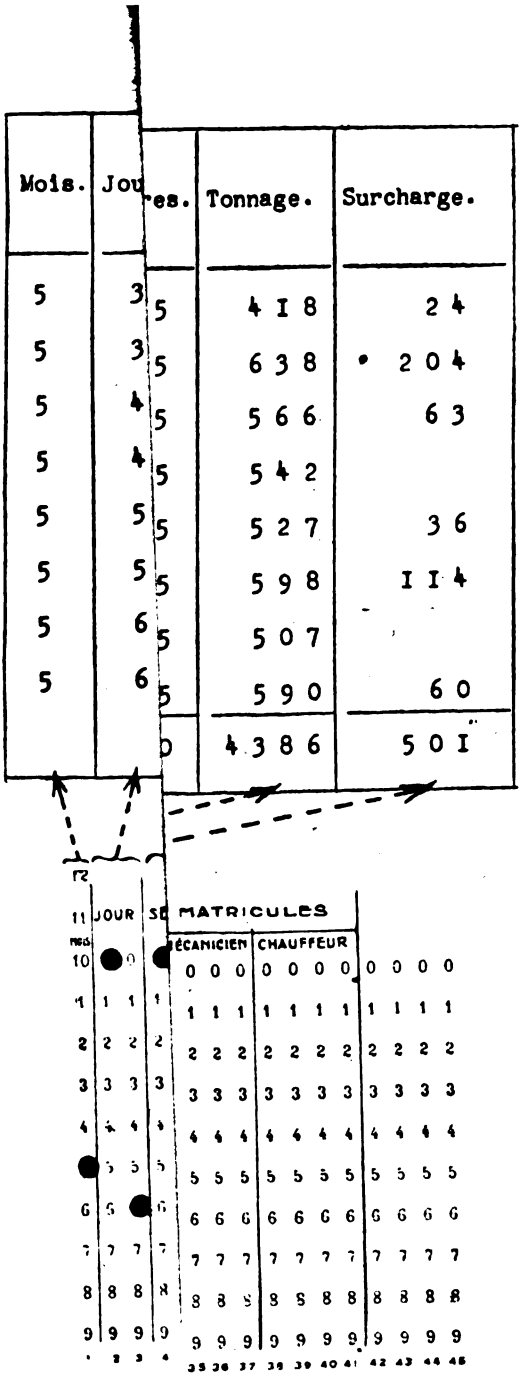


Fig. 11. — Spécim
age remorqué par une locomotive).

Digitized by Google

Digitized by Google

des procédés entièrement mécaniques leurs travaux de comptabilité et de statistique. Le ministère du commerce, par exemple, à Washington, a utilisé pour ses statistiques agricoles en 1925 : 26 tabulatrices, 19 trieuses et 395 poinçonneuses à main. Mais les résultats les plus intéressants ont été obtenus par les grandes compagnies de chemins de fer, qui sont parvenues à substituer presque entièrement les machines automatiques aux procédés manuels. Plus de 60 compagnies américaines de chemins de fer utilisent le système à cartes perforées dans toutes les branches de la comptabilité, depuis le contrôle par lettre de voiture des arrivages et des expéditions de chaque gare jusqu'aux statistiques les plus variées du trafic.

L'emploi généralisé des machines automatiques permet aux compagnies américaines de pousser les travaux de statistiques jusqu'aux plus extrêmes limites ; la compagnie des chemins de fer d'Atchison Topeka et Santa Fe, entre autres exemples, suit séparément les tonnages, les produits et la distribution de plus de 200 natures de marchandises différentes.

En Europe, les machines automatiques sont moins répandues. D'une façon générale, les chefs d'entreprises se sont bornés à doter leurs services de machines comptables et à calculer, qui sont évidemment des auxiliaires précieux pour le personnel, mais dont les possibilités sont assez limitées. Seules quelques grandes sociétés industrielles et commerciales et un certain nombre de compagnies de chemins de fer ont introduit les machines à statistiques dans leurs services de comptabilité.

En Angleterre, de nombreuses maisons de commerce et plusieurs compagnies de chemins de fer (London, Midland and Scottish Railway, London and North Eastern Railway, etc...) ont recours au système d'enregistrement à cartes perforées.

En Suisse, les statistiques douanières et les opérations de recensement sont effectuées au moyen de machines automatiques. Les chemins de fer fédéraux (1) après avoir procédé dans leurs différents services à une enquête approfondie sur les pos-

(1) *Bulletin des C. F. F.* : n° 7 de novembre 1924.

Digitized by Google

sibilités d'application du système à cartes perforées, ont adopté les machines automatiques notamment pour le contrôle et le décompte des prestations d'exploitation, les parcours des trains et des véhicules, les tonnages kilométriques, les charges remorquées par les locomotives, etc...).

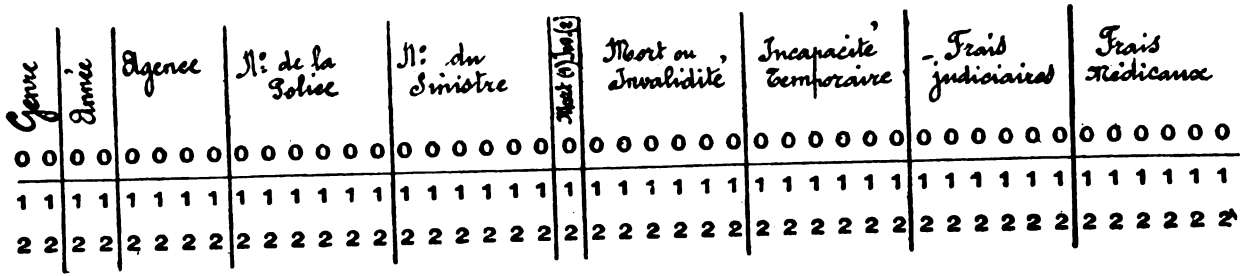
En Allemagne, les essais effectués par la direction de la compagnies des chemins de fer de l'État allemand, en vue de l'utilisation des machines à cartes perforées, ont donné des résultats entièrement concluants, et l'emploi de ces machines est étendu progressivement à tous les districts du réseau. Dans une très intéressante étude publiée par la *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft* (1), M. Otto Müller expose les diverses applications faites ou à l'étude sur les chemins de fer allemands (2). Parmi les applications déjà réalisées (statistiques des combustibles, des tonnages, des kilomètres, etc...), une des plus importantes concerne le mouvement des véhicules étrangers sur les lignes allemandes et des véhicules allemands sur les lignes étrangères, pour le décompte des frais de location. Chaque véhicule transitant fait l'objet d'une carte perforée établie par la gare frontière. Le service central, avec l'aide des trieuses automatiques, obtient facilement les cartes d'entrée et de sortie d'un même véhicule et par le rapprochement de ces deux pièces, calcule le temps de location. M. Otto Müller prévoit, pour une période rapprochée, l'emploi généralisé des machines automatiques dans les divers service des chemins de fer allemands, notamment pour la comptabilité des dépenses de main-d'œuvre et de matières ainsi que pour la réception des combustibles et des pièces d'approvisionnement livrées par les fournisseurs.

En France, les machines à statistique sont utilisées avec succès par des usines de constructions automobiles, des compa-

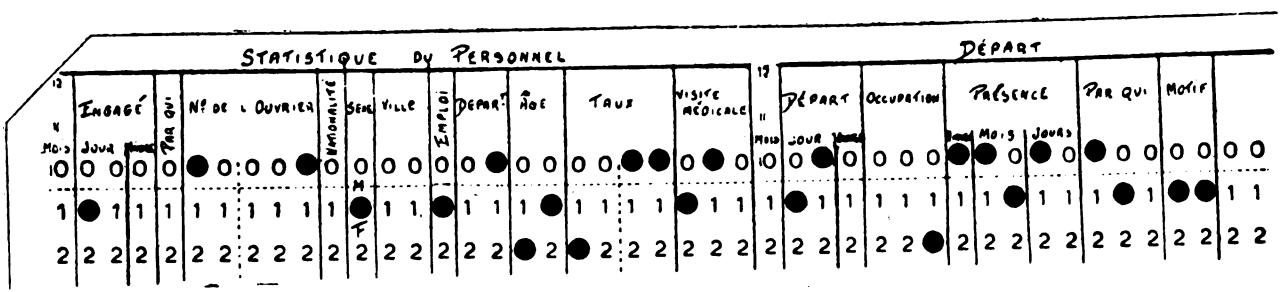
(1) *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 1925, 5. Heft. Voir également *Verkehrstechnische Woche*, n° 22 de juin 1925 : *Die Ermittlung der Betriebsleistungen (Zug-und Wagenachskilometer nach dem Lochkartenverfahren)*, par M. Feindler, ingénieur à Elberfeld.

(2) La figure 3 donne un modèle de fiche utilisé par les chemins de fer allemands.

Digitized by Google

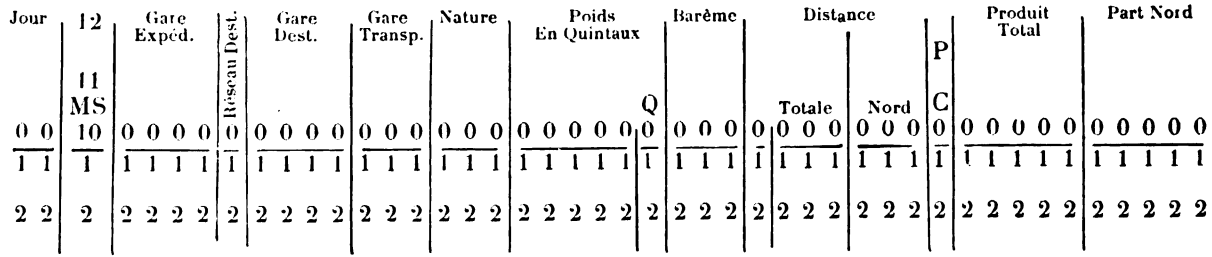


Fiche d'une compagnie d'assurance.

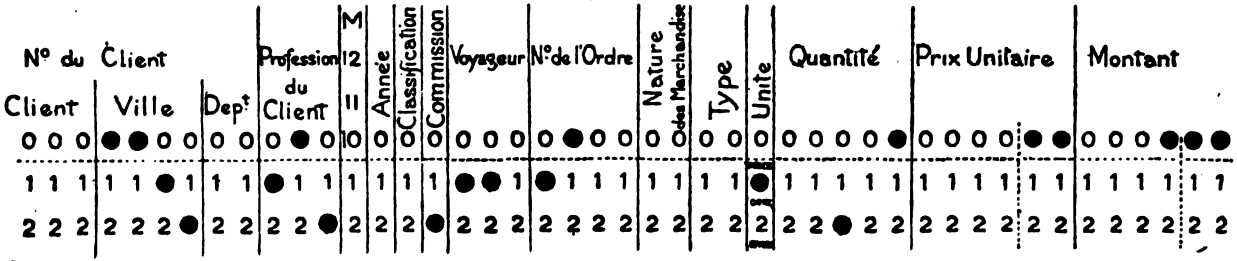


Fiche de statistique du personnel.

Digitized by Google



Fiche de statistique du trafic (Chemin de fer du Nord).



Fiche de vente.

Digitized by Google

gnies d'assurances, des grands magasins et par les compagnies de chemins de fer du Nord, de Paris à Orléans (1), de Paris à Lyon et à la Méditerranée, et de l'Est.

Conclusion. — Ainsi que nous venons de le voir, les machines automatiques à cartes perforées sont définitivement entrées dans le domaine pratique ; ce ne sont pas, comme certains le croient, des appareils d'expérience, de laboratoire, mais des machines robustes, ayant fait leur preuves dans de nombreuses entreprises (2).

Le principe mécanique, sur lequel est basé tout le système, est en somme très simple et absolument sûr. Comme les autres machines comptables et à calculer, les machines automatiques ne se trompent pas. Le seul point faible du système et sur lequel insistent avec complaisance tous les adversaires de l'emploi des machines automatiques, réside dans les erreurs possibles de perforations. Il convient de remarquer tout d'abord que l'enregistrement par perforation est une opération extrêmement simple qui n'exige aucune connaissance spéciale. Il est par suite facile de réduire au minimum les erreurs de perforations par une sélection rigoureuse des opérateurs et en les encourageant par des primes appropriées (3).

En outre, les fiches perforées peuvent être vérifiées tout comme un document écrit à la main ou à la machine, notamment par pointage avec les pièces originales. Le contrôle des fiches peut être également effectué très rapidement au moyen de machines dites *vérificatrices*, dont le fonctionnement est analogue à celui des poinçonneuses. Il est donc possible, avant d'entreprendre les opérations de classement et de totalisation des

(1) *Revue générale des chemins de fer* (numéro de novembre 1925) : *Application des machines comptables automatiques à cartes perforées aux statistiques des parcours et tonnages.*

(2) *Mon Bureau* (mai 1925) : *Comment une grande usine établit son prix de revient*, par Ch. Dumaine.

(3) A la compagnie d'Orléans, le personnel employé à la perforation touche une prime au rendement basée sur la formule « Rowan ». Cette prime est réduite ou supprimée suivant le nombre des erreurs de perforation.

Digitized by Google

fiches, de s'assurer de l'exactitude absolue des perforations. Ce contrôle initial terminé, aucune surprise n'est à craindre : la trieuse et la tabulatrice exécuteront par la suite automatiquement, sans erreurs possibles, et avec une rapidité que n'offre aucun autre procédé, tous les travaux qui leur seront demandés.

Le système d'enregistrement à cartes perforées apparaît donc actuellement comme le seul système à la fois scientifique et pratique qui permette d'exécuter rapidement et économiquement, avec le maximum de détails, toutes les opérations de comptabilité, de contrôle et de statistique qui sont indispensables à la bonne marche d'une entreprise.

Dans un récent rapport adressé au président de la commission d'économies d'une compagnie de chemins de fer américaine, le directeur de cette compagnie a fait ressortir très exactement les avantages des machines automatiques :

a) Économie de personnel,

b) Production immédiate des renseignements,

c) Exactitude,

d) Assurance d'avoir des informations supplémentaires sur demande, ce qui est pratiquement impossible avec n'importe quel autre système.

En présence de ces résultats, nous ne pouvons que souhaiter de voir les machines à cartes perforées, s'introduire dans les grandes administrations publiques, où leur emploi apporterait, outre une économie importante de personnel, une amélioration considérable dans le fonctionnement des services.

Quelques-unes des applications qui peuvent être réalisées par le « tabulating system ».

MUNICIPALITÉS, ÉTATS, SERVICES PUBLICS :

1. Assistance publique.
2. Hygiène infantile.
3. Travaux des femmes et des enfants.
4. Pensions.
5. Naissances.
6. Mariages.
7. Divorces.
8. Décès.
9. Législation du travail.
10. Recensement.
11. Statistiques postales.
12. Statistiques téléphoniques.
13. Télégraphe.
14. Instruction.
15. Education.
16. Circulation automobile.
17. Dépenses.
18. Voirie.
19. Pavages.
20. Plantations.
21. Constructions.
22. Hôpitaux.
23. Finances.

Digitized by Google

CHEMINS DE FER :

1. Trafic intérieur.
2. Trafic direct.
3. Trafic international.
4. Tonnage brut et net.
5. Tonnage par nature de marchandise.
6. Tonnage par nature de marchandise et par coupure de distance.
7. Tonnage par tarif et barème appliqué.
8. Tonnage kilométrique total mensuel.
9. Tonnage kilométrique total annuel par section de lignes.
10. Revenu.
11. Atelier des réparations des wagons, voitures et locomotives.
12. Statistiques du personnel.
13. Réclamations.
14. Accidents.
15. Voyageurs, bagages.
16. Approvisionnements.
17. Locomotives.
18. Consommation { eau. charbon. huile.
19. Feuille de paye.
20. Main-d'œuvre.
21. Eclairage.
22. Wagons. { tonnage transporté. parcours. essieux.
23. Primes des mécaniciens et chauffeurs.

TRAMWAYS, EAU, GAZ, ÉLECTRICITÉ :

1. Accidents.
2. Feuille de paie.
3. Inventaire.
4. Achat.
5. Ventes accessoires.
6. Succursales.
7. Matériel.
8. Matières.
9. Relevés compteurs.
10. Kilométrage.
11. Main-d'œuvre.
12. Dépôts des Clients.
13. Personnel.
14. Pensions.

COMPAGNIES DE NAVIGATION :

1. Passagers.
2. Tonnage.
3. Revenu.
4. Personnel.
5. Dépenses.
6. Recettes.

ASSURANCES :

INCENDIE.	VIE.	ACCIDENTS.
1. Polices.	1. Dividendes.	1. Polices.
2. Sauvetage.	2. Frais.	2. Réclamations.
3. Pertes.	3. Pertes.	3. Réassurances.
4. Réserves.	4. Mortalité.	4. Annulations.
5. Classifications.	5. Hypothèques.	5. Indemnités.
6. Annulations.	6. Rejets.	6. Pensions.
7. Réassurances.	7. Sommes payées.	
8. Sinistres.	8. Réserves.	
	9. Polices.	

MANUFACTURES ET USINES :

1. Ventes.
2. Possibilités de ventes.
3. Préparation feuille de paie.
4. Vérification feuille de paie.
5. Main-d'œuvre. Prix de revient.
6. Production.
7. Inventaire.
8. Stocks.
9. Matières entrées et sorties.
10. Commandes.
11. Achats.
12. Imprimés.
13. Publicité.
14. Accidents.
15. Dépenses.
16. Recettes.
17. Emballages et expéditions.
18. Statistiques du personnel.
19. Commissions.
20. Ventilation du journal.
21. Rendement des machines-outils.

Digitized by Google

MATÉRIEL ÉTANCHE DE SOUS-RÉPARTITION DE CABLES D'ABONNÉS POUR CHAMBRES SOUTERRAINES,

Par J. MAILLEY,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

La grande majorité des centres de coupure et de sous-répartition du réseau téléphonique de Paris se trouve dans des chambres souterraines sous trottoir ou sous chaussées construites spécialement à cet effet (ou en galerie téléphonique souterraine). Ces chambres, malgré toutes les précautions prises à la construction, sont mal ventilées et en général très humides. L'auteur décrit un nouveau matériel rigoureusement étanche, mettant à l'abri de l'humidité les têtes de câbles et les jarretières, et dont la mise en service a donné des résultats tout à fait satisfaisants.

Le début de la mise en sous-répartition du réseau téléphonique de Paris date de quelques années avant la guerre. Le réseau était exploité, jusqu'à cette époque, entièrement suivant le système ramifié et sans sous-répartition, avec coupure entre le gros câble et le petit câble par boîte Gaucher à 112 paires. Ces boîtes, dont le système est bien connu (1), étaient placées dans des chambres d'une capacité de 6 boîtes (fig. 1). Le premier matériel employé pour la mise en sous-répartition du réseau fut une boîte de sous-répartition issue de la boîte de coupure du système Gaucher. Vue de l'extérieur (fig. 2), cette boîte ressemble à une boîte Gaucher de coupure, dont on aurait dilaté toutes les dimensions et remplacé les quatre vingt-huit paires de sortie par huit vingt-huit paires. Intérieurement, se trouve une cloison d'ébonite portant des bornes. Un côté de cette cloison est le côté des peignes, l'autre côté est celui des jarretières. Cette boîte permet la répartition de 6 câbles à vingt-huit paires

(1) Voy. *Instruction provisoire sur la construction et l'entretien des lignes souterraines*, 1924, p. 122 et suiv..

Digitized by Google

sur un câble à 112 paires, les deux autres câbles de la boîte servant à la relier aux câbles correspondants des boîtes voisines, pour former ainsi une jonction de boîte à boîte.

L'emploi des boîtes Gaucher représente certains inconvénients. Ces boîtes étant tout d'abord à deux portes ouvrantes, il est nécessaire de les placer sur un bâti au milieu des chambres et de prévoir le dégagement des portes ; on est ainsi conduit à créer

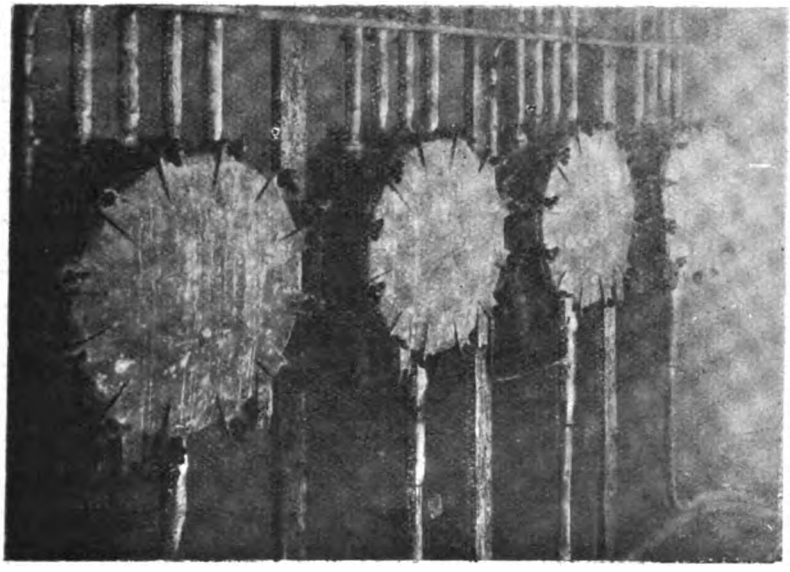


Fig. 1.

des chambres souterraines de grandes dimensions ($3^m \times 4^m \times 2^m,50$ pour 6 boîtes), chères, et difficiles à implanter dans un sous-sol encombré. Cet inconvénient est encore plus sensible avec la boîte Gaucher de sous-répartition (diamètre des portes : 80^{cm} ; épaisseur de la boîte : 30^{cm}). En plus, dans le système Gaucher, les peignes des câbles sous papier s'épanouissent directement sur la cloison d'ébonite, et se trouvent ainsi en contact direct avec l'air humide de la chambre lors de l'ouverture des boîtes. L'humidification des peignes sous papier a causé des dérangements difficilement réparables, qui ont conduit, pour certaines chambres, à des remaniements complets des têtes, avec

Digitized by Google

remplacement des câbles ordinaires sous papier par des câbles sous papier et fil sous émail. Cette dernière solution n'est encore qu'assez médiocre.

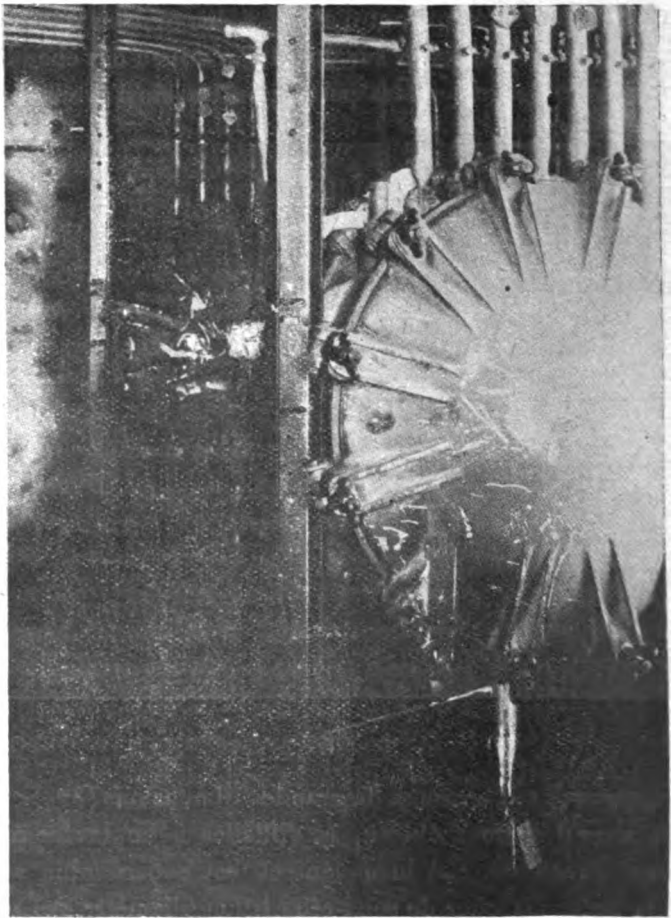


Fig. 2.

La direction des Services téléphoniques de Paris a mis au concours en 1923 une boîte de sous-répartition étanche pour chambre souterraine, moins encombrante que la boîte Gaucher, et à peigne noyé. Le projet jugé le meilleur a été retenu, et différentes retouches de mise au point ont été apportées sur projet par les Services téléphoniques de Paris.

Digitized by Google

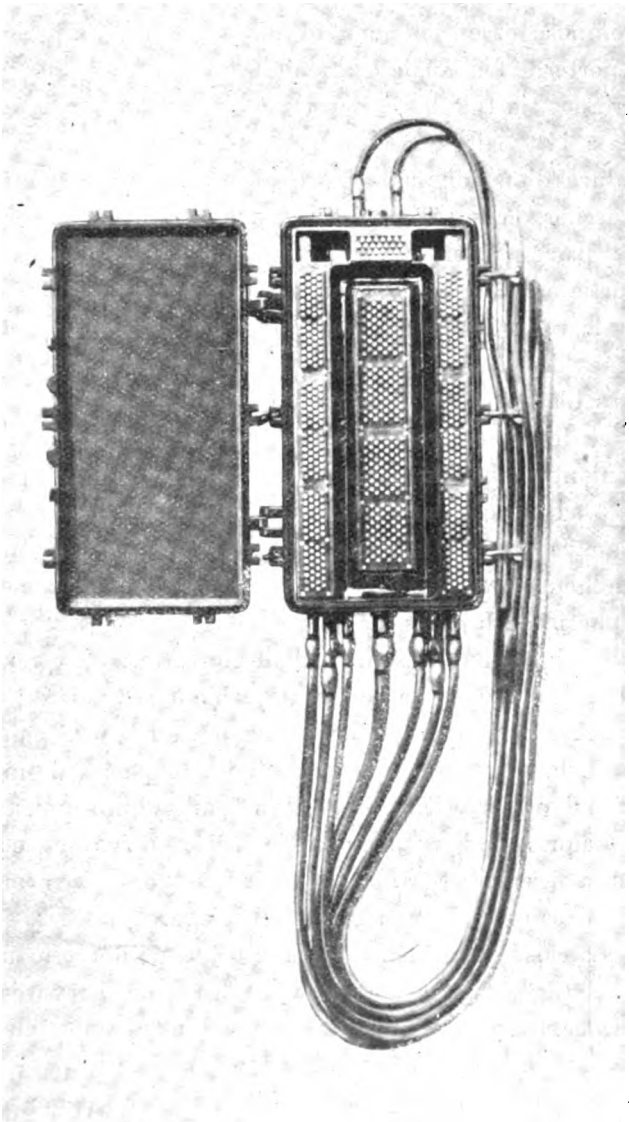


Fig. 3.

Description de la boîte de sous-répartition (modèle de 1923). — La boîte de 1923 permet de condenser les paires en

Digitized by Google

service de six câbles à 28 paires sur un câble à 112 paires. Elle se compose essentiellement d'une caisse de fonte, fermée par une porte de fonte. La caisse de fonte porte, à sa partie inférieure, les six tubulaires des câbles à 28 paires et la tubulure du câble à 112 paires, et à sa partie supérieure se trouve les deux tubulures d'un câble à 14 paires de multiplage permettant d'aller rechercher sur les boîtes voisines des disponibilités sur les câbles à 112 paires qui ne seraient pas saturés. On trouve en plus, à la partie supérieure de la boîte, quatre bouchons filetés en laiton pour le remplissage au compound des alvéoles contenant des peignes des câbles. La caisse porte, à sa partie postérieure, des pattes d'attache en fonte pour la fixation, et, à sa partie antérieure, des charnières à trous ovalisés de la porte et vis à oreilles basculantes sur charnières pour le serrage de la porte. La porte pivote autour d'un axe vertical. La fermeture étanche est assurée par un rebord de la porte, venant s'appuyer sur un joint de caoutchouc carré placé dans un logement ménagé à cet effet à la périphérie de la caisse.

La figure 3 représente la boîte ouverte ; on y remarque, au centre, les plaques de bornes du câble à 112 paires ; à droite et à gauche, les plaques de borne des 6 câbles à 28 paires, et au-dessus, la plaque de borne du câble à 14 paires de multiplage ; un canal de jarretière, de section demi-cylindrique, fait le tour des plaques de bornes du câble à 112 paires et constitue le chemin des jarretières des câbles à 28 paires au câble à 112 paires et au 14 paires de multiplage.

La caisse elle-même est une pièce de fonderie assez compliquée (fig. 4). Elle porte à son intérieur des nervures destinées à former, avec les plaques de bornes, des alvéoles closes ; et un canal rectangulaire à section demi-cylindrique pour le passage des jarretières. Il existe quatre alvéoles : une pour l'épanouissement du 112 paires, deux pour l'épanouissement des six câbles à 28 paires, une pour l'épanouissement du 14 paires de multiplage. Une fois les enveloppes des câbles soudées aux tubulures et les peignes de ceux-ci raccordés aux broches postérieures des plaques de bornes, celles-ci sont vissées, après inter-

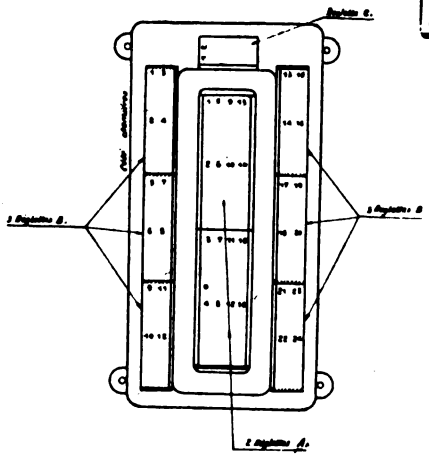
Digitized by Google

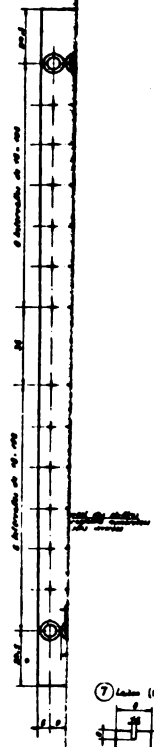
Digitized by Google

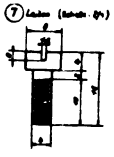
Digitized by Google

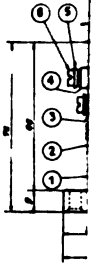
P. T. T.

Plan N° M B . 306.









NOTE.

NOMBRE	N°	NOMENCLATURE	LONG.	MATIÈRE	FINI	NUANCE
4		20 Réglette longue N°	130	Fonte		
	1	21 Réglette longue N°	861	"		
	4	80 Réglette longue n°23	203	"		
6	6	6 7 Vis N° de 8	42	Laiton		
20	20	20 8 Vis T.C. de 8	7	Laiton		
20	20	20 1 Ecrou carré	0,42	Laiton		
7	0	20 4 Ø D. n° 0	37	Laiton		
7	0	20 3 Ø D. n° 0	31	Laiton		
7	0	20 2 Ø D. n° 0	27	Laiton		
7	0	20 1 Ø D. n° 0	23	Laiton		

C. RÉGLETTE 10 PAIRES.
B. RÉGLETTE 20 PAIRES.
A. RÉGLETTE 50 PAIRES.

Réglettes de bornes pour boite de sous-répartition modèle 1923

Dessiné par Mayet

Vu l'Ingénieur des Lignes

Digitized by Google

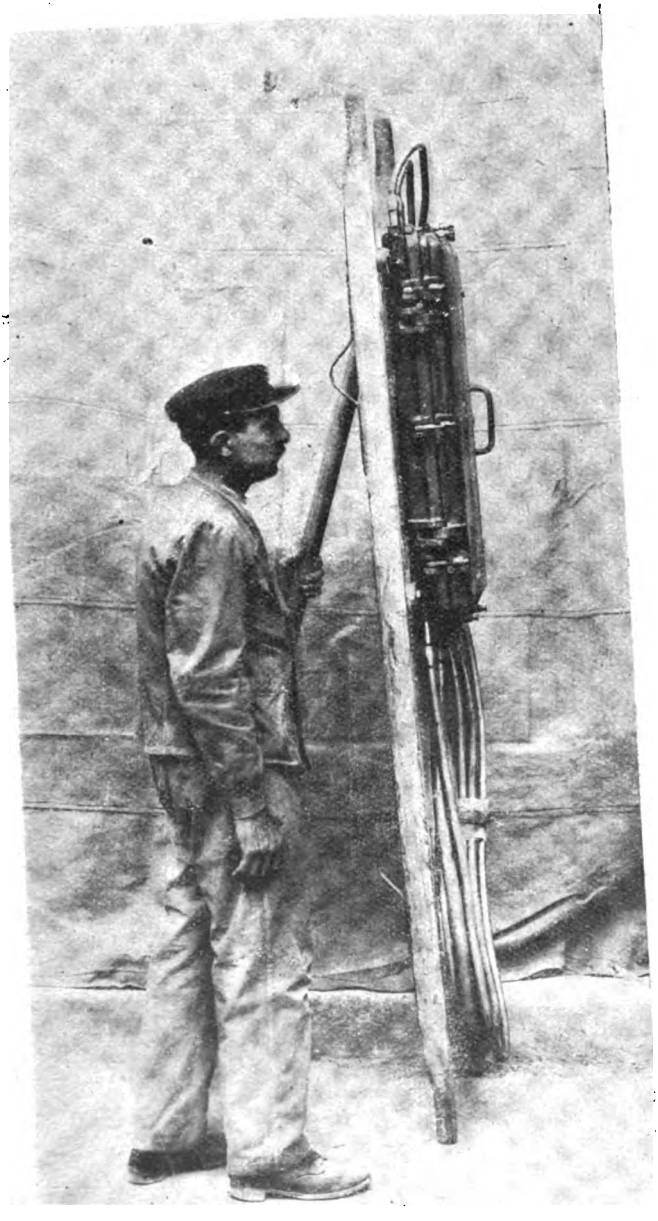


Fig. 6.

Digitized by Google

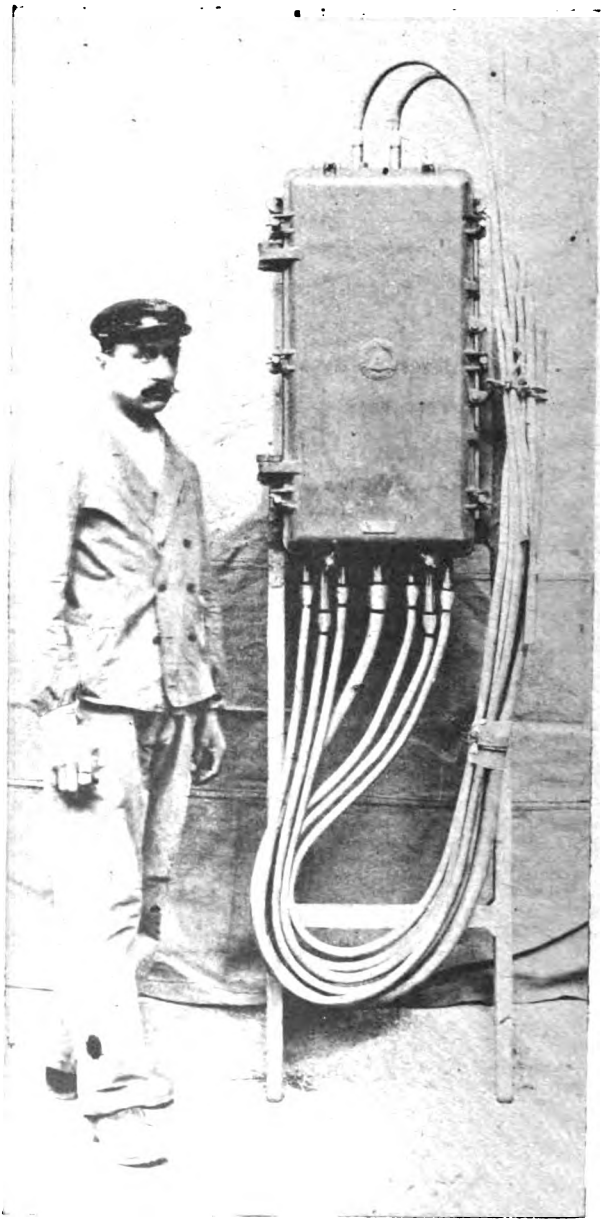


Fig. 7.

Digitized by Google

position de carton, sur les bords des alvéoles, constituant ainsi des cavités étanches que l'on remplit de compound par les orifices à bouchon fileté dont il est parlé plus haut.

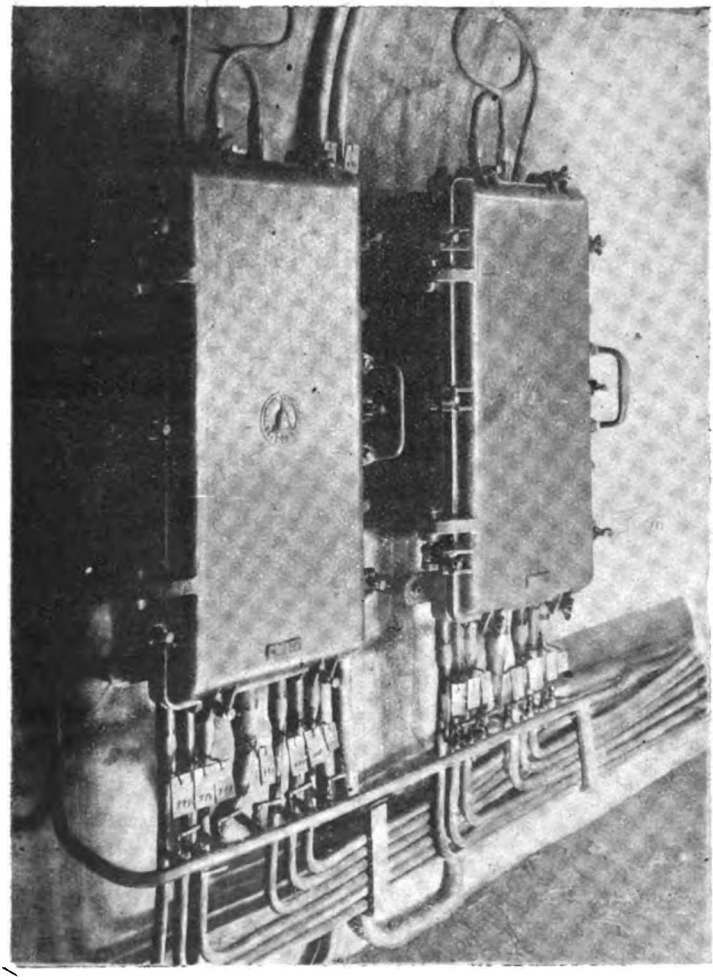


Fig. 8.

La figure 5 représente les plaques de bornes. La bakélite est moulée directement sur les bornes, et l'adhérence de ces dernières est simplement obtenue par le retrait de la bakélite sur le corps des bornes et une portée molletée. Les plaques de

Digitized by Google

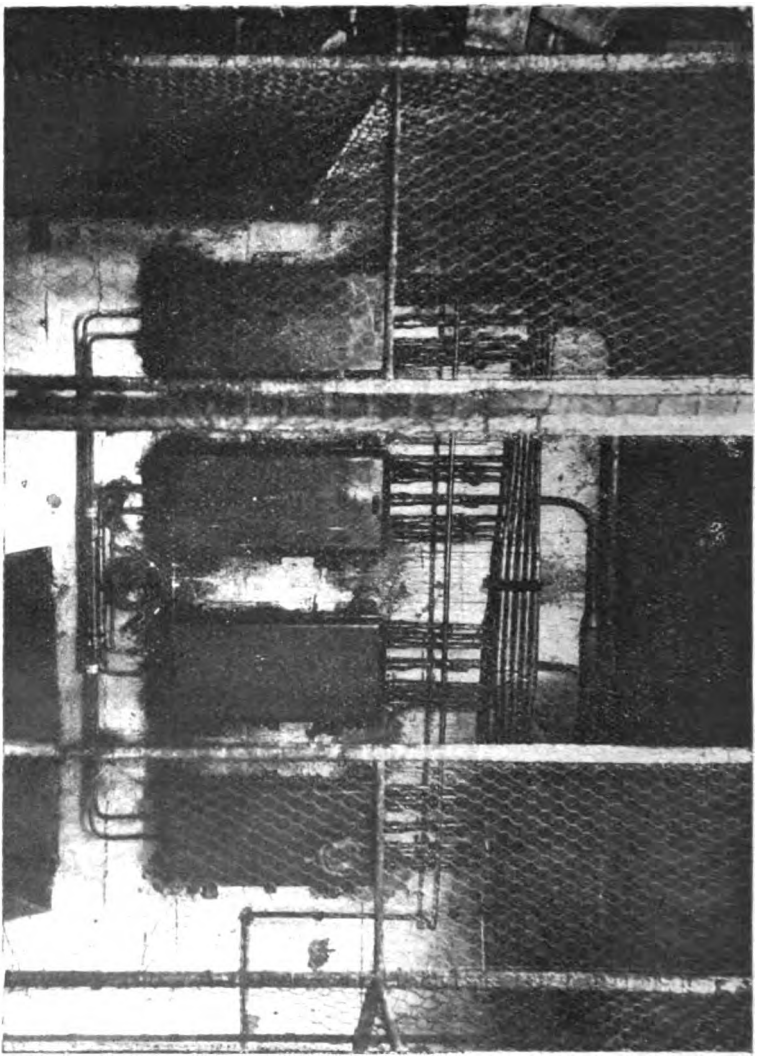


Fig. 9.

Digitized by Google

bakélite sont terminées sur un côté ou deux par un prolongement perpendiculaire percé de deux rangs de trous et permettant le guidage des jarretières au départ et à l'arrivée. On remarquera l'échelonnement en hauteur des bornes et des trous de guidage, de manière à éviter le contact de l'isolant des jarretières avec les bornes de la paire située au-dessous. Des numéros en relief dans les plaques de bakélite facilitent la recherche des différentes amorces.

Les dimensions d'encombrement du matériel ainsi constitué sont très réduites : hauteur : 85^{cm} ; largeur : 42^{cm} ; épaisseur : 12^{cm} (voy. fig. 6 et 7 : boîte montée sur son brancard de transport).

La boîte peut se fixer contre les murs avec une saillie réduite, et il a été possible de diminuer très sensiblement les dimensions des chambres souterraines (voy. fig. 8 : têtes de répartition 1923 placées dans les galeries téléphoniques du central Fleurus ; et fig. 9 : équipement du sous-répartiteur en cave humide au marché des Carmes).

Digitized by Google

RÉGULATEUR DOIGNON-MENDONÇA-D'OLIVEIRA.

Discussion d'une remarque faite par M. Harrison, de l'Automatic telephone manufacturing C°, au sujet du régulateur D. M. O.

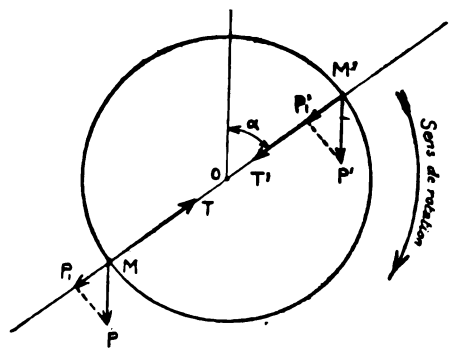
Remarque de M. Harrison. — Les intéressantes notes sur la théorie de ce régulateur par MM. Doignon et Dubois me semblent négliger l'influence de la pesanteur.

Étant donné que le régulateur est horizontal, la pesanteur agit alternativement pour et contre la tension T du ressort, et j'ai trouvé qu'en pratique ceci produit une variation de vitesse pendant chaque tour, qui doit être évitée.

Si nous prenons T grand et réduisons le coefficient de friction f, il s'ensuit que l'effet de la pesanteur peut être pris aussi petit que nous le désirons.

Réponse de M. P. Doignon. — Nous répondons que l'action de la pesanteur est négligeable.

En effet, notre régulateur est constitué par deux masses



M et M', symétriques par rapport au centre O. Si nous supposons une masse m en M et m' en M', on a :

$$MP = mg,$$
$$M'P' = m'g.$$

Digitized by Google

En M, la composante suivant le diamètre de la pesanteur est :

$$m g \cos \alpha,$$

et en M' : $m' g \cos \alpha.$

Donc la force d'appui sera :

en M : $T - m \omega^2 r - mg \cos \alpha,$

en M' : $T' - m' \omega^2 r - m' g \cos \alpha,$

en appelant T et T' les tensions des ressorts correspondants.

Le travail de frottement résultant étant la somme des travaux des deux frotteurs, on peut faire la somme algébrique des deux forces d'appui, laquelle sera :

$$(T - m \omega^2 r) + (T' - m' \omega^2 r) + (m' - m) g \cos \alpha.$$

Or $(m' - m) g \cos \alpha$ est toujours inférieur à $(m' - m) g$. De plus, par construction, m' et m sont les mêmes à 2 grammes près environ : $(m' - m) g = 2 \times 981 = 1962$ dynes. Cette valeur 1962 dynes est très petite par rapport aux deux autres quantités : T, qui est égal à 69.10^5 dynes environ, et $m \omega^2 r$, qui est égal à 68.10^5 dynes environ. Cette valeur variable $(m' - m) g \cos \alpha$ est donc négligeable devant la somme des deux tensions $T + T'$.

On a en effet : $\frac{(m' - m) g \cos \alpha}{T + T'} < \frac{1.962}{2 \times 69 \times 10^5} < \frac{1}{7.000}$.

Quant aux composantes suivant les tangentes des deux forces de pesanteur, elles se détruisent mutuellement si $m = m'$. Dans le cas où $m - m' = 2$ grammes environ, cela représente une augmentation infime du travail résistant pendant la moitié de tour où la masse la plus lourde remonte, et une diminution infime de ce travail pendant la moitié de tour où elle descend. La somme de ces deux travaux s'annule pendant la durée d'un tour.

Nous estimons donc qu'en négligeant l'effet de la pesanteur, même dans le cas où le régulateur est horizontal, nous ne faisons que négliger des infiniment petits, qui n'ont aucune action sur le résultat pratique obtenu.

Digitized by Google

RECHERCHES SUR LES TRANSMISSIONS SUR LES PLUS HAUTES FRÉQUENCES DE LA T.S.F.,

Par A. HOYT TAYLOR,
Superintendent of radio, Naval research laboratory, Anacostia (Colombie) (1).

L'objet de cette étude est de présenter graphiquement et d'une manière systématique les connaissances actuelles sur les possibilités des diverses longueurs d'ondes courtes telles qu'elles ressortent des essais nombreux effectués par le laboratoire de recherches de la marine à Anacostia et d'une documentation très importante provenant de toutes les sources et qui nous est parvenue de divers côtés.

Dans cette même étude, nous indiquerons les points qui nécessitent des recherches nouvelles et nous montrerons les longueurs d'ondes autour desquelles il se produit des phénomènes de transition plus ou moins marqués lorsque la fréquence varie entre 100 kilocycles ($\lambda = 3.000$ mètres) et 20.000 kilocycles ($\lambda = 15$ mètres). Nous connaîtrons ainsi les particularités des transmissions à très haute fréquence et nous posséderons un guide utile pour l'établissemement d'une politique future d'utilisation des communications en haute fréquence.

Les résultats ont été obtenus dans les conditions suivantes :

1° Puissance de 5 kilowatts dans l'antenne ;

2° Antenne moyenne appropriée ;

3° Communication entre points situés sur un même méridien.

Ces résultats sont cependant applicables pour les communications orientées est-ouest ou toute communication entre points dont l'heure diffère considérablement à condition qu'il soit convenablement tenu compte de la différence précitée entre les heures

(1) Traduction d'un article paru dans les *Proceedings of the Institute of radio engineers*, décembre 1925.

Digitized by Google

aux points considérés. Toutefois dans ce cas le problème doit être considéré comme bien plus compliqué ; principalement s'il existe une différence d'un grand nombre d'heures entre les deux points mis en communications.

Il y a naturellement de grandes différences entre les portées de jour suivant que l'on est en été ou en hiver, mais ces différences sont faibles comparées à celles qui se produisent pendant la nuit suivant la saison. Aussi sur le graphique ci-joint les portées de jour indiquées doivent-elles être considérées comme étant des portées moyennes d'été et d'hiver ; les lignes en pointillé inférieures indiquent les portées de nuit en *hiver* et les lignes en pointillé supérieures les portées de nuit en *été*.

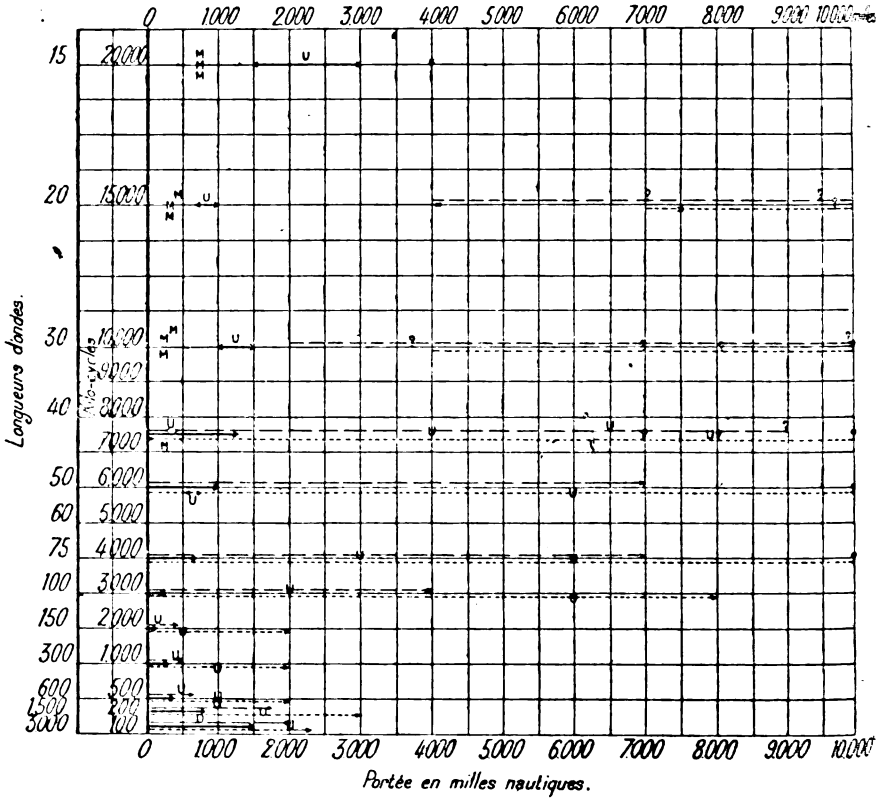
Une croix sur une ligne indique la limite actuelle d'exploration et le prolongement de la ligne au delà de la croix donne les portées *probables*. Une lettre U sur une ligne indique, lorsqu'elle est entre deux flèches situées l'une à droite, l'autre à gauche, une région (généralement peu étendue) avec laquelle il y a incertitude de communication ; lorsque la lettre U est située plus loin à droite sur une ligne, elle indique que, pour des portées supérieures à celles qui correspondent à sa position, les communications commencent à devenir incertaines.

Prenons par exemple la ligne correspondant à la fréquence de 4.000 kilocycles ($\lambda = 75$ mètres). Une communication de jour peut être obtenue jusqu'à 750 milles (1.387 kilomètres). Les communications *nocturnes en été* peuvent s'effectuer jusqu'à 7.000 milles (12.950 kilomètres) mais sont incertaines après 3.000 milles (5.550 kilomètres).

Les communications nocturnes *en hiver* peuvent être établies jusqu'à 10.000 milles (18.500 kilomètres) mais sont sujettes à une certaine incertitude à partir de 6.000 milles (11.100 kilomètres). Un autre exemple d'utilisation de la lettre U est visible sur la ligne correspondant à 6.000 kilocycles ($\lambda = 50$ mètres) : il existe une région comprise entre 150 milles (277 kilomètres) et 400 milles (740 kilomètres) dans laquelle toute liaison apparaît comme incertaine et au delà de laquelle s'étend une large région de communication qui atteint probablement 10.000 milles

Digitized by Google

(18.500 kilomètres) tout en restant incertaine à partir de 7.000 milles (12.950 kilomètres). Ainsi donc, cette fréquence (λ = 50 mètres) possède deux régions à communications incertaines : l'une de ces régions est à courte distance de l'émetteur, tandis que la deuxième est située à très grande distance. Un point



d'interrogation (?) sur une ligne indique une région jusqu'à présent inexplorée. Une lettre M sur une ligne signale une région, limitée de part et d'autre de la lettre par une flèche, par dessus laquelle les ondes (1) « sautent » ; un exemple existe pour les ondes de 15.000 kilocycles (λ = 20 mètres) qui « sautent » au dessus d'une région comprise entre 75 et 700 milles (139 et 1.295 kilomètres).

(1) Zone de silence.

Digitized by Google

Partons de la fréquence de 100 kilocycles (λ = 3.000 mètres); les portées obtenues sur cette onde sont fort bien connues par les émissions effectuées par certains bateaux ; nous voyons que les portées *de jour* sont d'environ 1.200 milles (2.200 kilomètres); *les portées de nuit en été* de 2.000 milles (3.700 kilomètres) tout en étant incertaines à partir de 800 milles (1.480 kilomètres) eu égard aux parasites violents en période d'été, et *les portées de nuit en hiver* de 2.500 milles (4.625 kilomètres) tout en étant incertaines après 2.000 milles (3.700 kilomètres) par suite de l'existence de parasites et de phénomènes d'évanouissement.

Pour une fréquence de 200 kilocycles (λ = 1.500 mètres) la portée de jour est plus faible que pour la fréquence précédente et atteint 800 milles (1.480 kilomètres); la portée de nuit est, tout bien considéré, supérieure à ce qu'elle est pour la fréquence de 100 kilocycles ; les parasites ont, en effet, moins d'influence en été sur la fréquence de 200 kilocycles (λ = 1.500 mètres) que sur la fréquence de 100 kilocycles (λ = 3.000 mètres). La portée *de nuit en hiver* dépasse, par contre, la portée correspondant à 100 kilocycles et va jusqu'à 3.000 milles (5.550 kilomètres) tout en restant incertaine après 1.800 milles (3.330 kilomètres) par suite des phénomènes d'évanouissement. A la fréquence de 500 kilocycles (λ = 600 mètres) la portée de jour est encore plus raccourcie et la portée *de nuit en été* devient incertaine pour une distance bien supérieure à la portée de jour; par contre, la portée *de nuit en hiver* reste certaine pour une distance bien supérieure et dépasse avec 2.000 milles (3.700 kilomètres) le triple de la portée normale de jour. Pour la fréquence de 1.000 kilocycles (λ = 300 mètres) nous voyons que la portée de jour est encore raccourcie et que la portée de nuit est bien supérieure à la portée de jour surtout en hiver bien qu'il y ait incertitude dans la moitié la plus éloignée de la portée indiquée sur le graphique. Nous faisons d'autre part remarquer que les résultats donnés dans cette étude ont été établis avec des ondes entretenues pures. Pour une fréquence de 2.000 kilocycles (λ = 150 mètres) la portée de jour est limitée à

Digitized by Google

125 milles (231 kilomètres) et la portée de nuit en été n'est guère supérieure ; mais en hiver la portée de nuit est considérablement plus grande que la portée de jour, avec toutefois une large région d'incertitude dans les portées d'hiver, incertitude due à l'existence du phénomène d'évanouissement. Les résultats que nous venons d'indiquer sont basés sur les essais effectués par la marine avec des appareils émetteurs construits par notre laboratoire et essayés sur des navires. Ils sont d'autre part basés dans une certaine mesure sur les données fournies par les amateurs.

Entre 2.000 kilocycles ($\lambda = 150$ mètres) et 3.000 kilocycles ($\lambda = 100$ mètres) les phénomènes subissent de grosses transformations : à 3.000 kilocycles ($\lambda = 100$ mètres) la portée de jour est beaucoup plus grande que pour 2.000 kilocycles ($\lambda = 150$ mètres), résultat inverse de celui qui a été constaté précédemment pour des fréquences plus faibles. La portée de nuit en été est considérablement augmentée et la portée de nuit en hiver plus encore. Nous voyons que les portées de nuit en été augmentent de 2.000 milles (3.700 kilomètres) et le brusque changement de portée considéré est probablemement sous-estimé encore dans le graphique. Il est cependant préférable de s'en tenir à ces résultats qui sont au dessous de la réalité, principalement dans les applications dans les fréquences les plus élevées.

Les portées de nuit en hiver sont certaines jusqu'à 6.000 milles (11.100 kilomètres). Si l'on compare les fréquences de 3.000 kilocycles ($\lambda = 100$ mètres) et de 100 kilocycles ($\lambda = 3.000$ mètres) nous trouvons que la portée de jour de la plus basse fréquence l'emporte sur celle de 3.000 kilocycles mais que cette deuxième fréquence possède une portée nocturne bien plus considérable. A 4.000 kilocycles ($\lambda = 75$ mètres) nous trouvons que la portée de jour atteint 750 milles (1.387 kilomètres), que la portée de nuit en été est certaine jusqu'à 3.000 milles (5.550 kilomètres) avec une portée possible de nuit de 7.000 milles (12.950 kilomètres) ; la portée de nuit *en hiver* est d'autre part certaine jusqu'à 6.000 milles (11.100 kilomètres) avec possibilité

Digitized by Google

d'atteindre 10.000 milles (18.530 kilomètres). A 6.000 kilocycles ($\lambda = 50$ mètres) la portée de jour atteint 1.000 milles (1.850 kilomètres) et la portée d'été pendant la nuit 4.000 milles (7.400 kilomètres) avec possibilité d'atteindre 7.000 milles (12.950^{km}) tandis que la portée de nuit en hiver s'étend probablement jusqu'à 10.000 milles (18.530 kilomètres), résultat qui n'a d'ailleurs pas été pleinement vérifié. Nous devons considérer comme incertaine une communication à distance supérieure à 7.000 milles (12.950 kilomètres).

Un nouveau et intéressant phénomène apparaît pour la première fois dans le diagramme et consiste dans l'existence, pendant les nuits d'hiver, d'une région à courte distance où les communications sont incertaines ; cette région est comprise entre 150 et 400 miles (278 et 740 kilomètres). A la ligne suivante du diagramme correspondant à *7.500 kilocycles* ($\lambda =$ 40 mètres) la portée de jour s'étend jusqu'à 1.200 milles (2.220 kilomètres) et égale presque la portée obtenue avec 100 kilocycles ($\lambda = 3.000$ mètres) ; mais il existe une région à communication incertaine pendant les nuits d'été, peu éloignée de l'émetteur (100 à 350 milles, soit 185 à 648 kilomètres) et une région de silence pendant les nuits d'hiver comprise entre 100 et 350 milles (185 et 548 kilomètres). Cette fréquence ($\lambda =$ 40 mètres) a été explorée jusqu'à 4.000 milles (7.400 kilomètres) mais l'on pense qu'elle doit permettre des portées bien supérieures. Nous pouvons dire toutefois qu'elle permet des communications incertaines à une distance supérieure à 8.000 milles (14.800 kilomètres) et que pendant les nuits d'hiver elle porte probablement jusqu'à 10.000 milles (18.530 kilomètres). Pour une fréquence de 10.000 kilocycles ($\lambda = 30$ mètres) nous voyons que la région de silence à proximité de l'émetteur existe à la fois en hiver et en été et aussi pendant le jour ; mais l'étendue de cette région pendant le jour est d'environ seulement 500 milles (925 kilomètres) tandis que pendant les nuits d'été elle est considérablement supérieure. Peu de recherches ont été effectuées sur cette fréquence pendant la nuit, mais il y a tout lieu de croire que la zone de silence pendant la nuit s'étend jusqu'à une

Digitized by Google

distance voisine de 2.000 milles (3.700 kilomètres) en été, voisine de 4.000 milles (7.400 kilomètres) en hiver. Il y a aussi toute raison de croire que les fréquences voisines de 10.000 kilocycles ($\lambda = 30$ mètres) peuvent être utilisées avec succès pour des portées nocturnes très importantes. (A ce point de vue, il est utile de noter la réception avec succès de Samoa et l'intensité pratiquement fixe des essais de Schenectady, New York, effectués pendant la nuit sur 35 mètres de longueur d'onde).

Quinze mille kilocycles ($\lambda = 20$ mètres) : pour cette fréquence la zone de silence au départ pendant *le jour* croît jusqu'à 600 et 700 milles (1.110 et 1.295 kilomètres) et une région à réception incertaine s'étend ensuite jusqu'à 1.000 milles de l'émetteur (1.850 kilomètres) ; mais passé cette distance les résultats ont été excellents tout le long de la région explorée jusqu'à 4.000 milles (7.400 kilomètres). Il est impossible de dire la portée qui peut être obtenue de jour au delà de 4.000 milles (7.400 kilomètres). On sait d'autre part que la zone de silence pendant la nuit est très importante à cette fréquence, aussi bien en été qu'en hiver. Peu de recherches ont été effectuées de nuit, mais les quelques données recueillies montrent que cette fréquence peut être utilisée de nuit jusqu'à 10.000 milles (18.530 kilomètres). Ces conclusions sont basées sur une communication en duplex établie avec le poste d'amateur 2 C.M. (Sydney). Cet amateur utilisait une onde de 21 mètres et notre émission était faite sur $20^m,8$ entre 1 heure et 2^h30 de l'après-midi (Eastern standard time). Les essais commençaient ainsi en plein jour à Sydney. Il est bon de noter que le poste que nous utilisions ne possédait pas une puissance supérieure à 750 watts dans l'antenne. L'amateur australien 2 C.M. émettait avec une puissance encore inférieure. Il est donc évident que des résultats obtenus avec moins d'un kilowatt dans l'antenne peuvent être considérés comme acquis, à plus forte raison pour une émission effectuée avec une puissance de 5 kilowatts dans l'antenne.

Pour 20.000 kilocycles ($\lambda = 15$ mètres) les recherches effectuées sont actuellement fort peu nombreuses, mais d'après

Digitized by Google

des résultats que je viens de recevoir, la zone de silence pendant le jour est voisine de 1.500 milles (2.775 kilomètres) à partir du poste émetteur et se trouve prolongée par une zone à réception incertaine qui s'étend jusqu'à 2.500 milles (4.625^{km}) à partir de l'émission ; cette zone est probablement suivie par une région très étendue à réception sûre (*de jour*). On ne connaît absolument rien toutefois sur les portées de nuit pour de telles fréquences. La portée la plus proche de l'émetteur où commence la zone de silence est connue parfaitement ; elle est de 60 à 70 milles (111 à 130 kilomètres) pour la fréquence de 15.000 kilocycles ($\lambda = 30$ mètres), et voisine de 40 à 50 milles pour la fréquence de 20.000 kilocycles ($\lambda = 20$ mètres). Nous ne nous sommes pas proposé de fournir dans cette étude les bases et la documentation considérable sur lesquelles est établi le diagramme que nous venons d'étudier, ni même d'exposer en même temps les théories imaginées par les ingénieurs du laboratoire de la marine pour expliquer les curieux résultats obtenus. Notre but est plutôt de fournir un guide pratique susceptible de renseigner sur les portées qui peuvent être obtenues avec diverses fréquences, de spécifier les régions de fréquences qui restent à explorer et d'envisager les résultats que nous comptons obtenir dans les régions inexplorées.

Nous tenons à faire remarquer qu'à l'heure actuelle certains des éléments d'appréciation de la plus grande valeur concernant les zones de silence proviennent des essais journaliers effectués par le major J.O. Mauborgne de l'armée américaine qui fit des observations dans une automobile militaire sur les ondes de 16 mètres, 32 mètres, 20^{m},80 et 11^{m},70 sur toute la route qui sépare New York de Panama. Nous pensons que les résultats donnés en ce qui concerne les régions à réception incertaine et les zones de silence sont des résultats bien établis pour les émissions diurnes. Si une critique doit être faite au tableau étudié il ne peut que concerner la sous-estimation faite dans les portées de nuit en été avec la fréquence de 3.000 kilocycles ($\lambda = 100$ mètres).

Si l'on considère le tableau dans son ensemble, il apparaît

Digitized by Google

clairement une énorme supériorité des très hautes fréquences en ce qui concerne l'économie dans la dépense d'énergie et dans le prix de l'installation, et de plus il est possible d'obtenir des portées avec les plus hautes fréquences que nous ne pourrions espérer atteindre une augmentation de puissance quelconque et pratique avec des fréquences plus basses (avec de fortes longueurs d'onde).

Pour utiliser le tableau des communications orientées est-ouest, nous devons, quant à présent, considérer plusieurs cas : pendant les heures qui correspondent à un trajet total des ondes *dans le jour*, nous pouvons utiliser les résultats du tableau, valables de jour ; lorsque la nuit recouvre la totalité du trajet, les résultats de nuit du tableau sont applicables ; enfin des recherches ultérieures devront être exécutées pour établir les résultats dans le reste du temps où une partie du trajet est dans l'ombre, l'autre étant au jour ; mais nous savons que les résultats devront être une sorte de compromis entre les résultats de jour et de nuit et il apparaît qu'un poste émetteur de 5 kilowatts dans l'antenne susceptible d'émettre à volonté sur l'une des quatre longueurs d'ondes (convenablement choisies) pour lesquelles il a été construit serait en état de fournir des portées de grande valeur à n'importe quel moment du jour et de la nuit et pour des communications orientées nord-sud et est-ouest. Nous sommes, toutefois, obligés, par exemple, de croire, en attendant les résultats des stations comme Samoa, Guam et Cavite, que le problème des communications orientées est-ouest présente de plus grandes difficultés de solution pratique. Il est entendu que les estimations des portées et les valeurs des zones de silence sur les plus hautes fréquences correspondent pour les résultats de jour aux conditions dans le milieu du jour et pour les résultats de nuit aux conditions au milieu de la nuit. Pour les communications orientées est-ouest, les conditions de jour correspondent à une position de soleil intermédiaire entre les deux méridiens des points à relier.

On sait, d'autre part, qu'il se produit une transition plus ou moins rapide entre les conditions de jour et de nuit ; en fait, la

Digitized by Google

transition n'est pas aussi brusque qu'il a été parfois prétendu, principalement en été.

Au moment où la première partie de cette étude était écrite, voici que parviennent les résultats pleins de succès des réceptions à Samoa des émissions sur 20m,80 faites par le Naval research laboratory, faites avant 8 heures de l'après-midi, ce qui signifie que, sur la distance de 7.000 milles (12.950 kilomètres) qui séparent Washington de Samoa, 6.000 milles (11.100km) se trouvaient en plein jour pendant la transmission. On sait d'autre part que les signaux d'amateurs effectués sur 20 mètres sur la côte ouest sont actuellement reçus jusqu'à minuit ou 1 heure de l'après-midi, résultat que l'on ne pouvait obtenir pendant les nuits d'hiver. Ce fait est intéressant parce qu'il montre une transformation progressive de la zone de silence pour les ondes de 20 mètres. Ladite zone est peu étendue dans le jour, croît graduellement jusqu'à une longueur inférieure à 2.000 milles (3.700 kilomètres) dans les nuits d'été, et atteint très probablement une longueur bien supérieure pendant les nuits d'hiver, sans que l'on sache actuellement avec certitude s'il y a retour des ondes vers la terre (*dans les nuits d'hiver*). On peut donc se rendre compte que la zone de silence des ondes subit une augmentation d'amplitude lorsque la nuit apparaît et une diminution d'amplitude à l'approche du jour. La plupart des résultats faits sur les très hautes fréquences devront être considérés comme incomplets et sujets à une révision future. Toutefois les règles fondamentales énoncées ci-dessus sur les propriétés de ces ondes nous semblent établies définitivement.

Balboa a aussi accusé des résultats satisfaisants de réception des ondes de 20m,8 pendant les 24 heures de chaque jour de cette époque de l'année, mais il n'est pas certain que ce résultat soit possible pendant les nuits d'hiver. Très probablement les signaux reçus à Balboa seront sujets à évanouissement pendant 6 ou 7 heures des nuits d'hiver. Actuellement, la transmission du trafic avec Balboa sur 20m,8 de longueur d'onde avec moins d'un kilowatt dans l'antenne s'effectue plus facilement qu'avec

Digitized by Google

le poste à ondes longues d'Annapolis qui travaille sur 17.000 mètres de longueur d'onde.

Résumé. — L'auteur présente un graphique des portées obtenues à différentes fréquences avec 5 kilowatts dans l'antenne. Les bases sur lesquelles il s'appuie proviennent d'essais effectués par le Naval research laboratory et par les amateurs et de la documentation de toute sorte recueillie auprès des compagnies d'exploitation et des gouvernements américains et étrangers.

L'auteur ayant entrepris une étude générale des avantages et désavantages des communications télégraphiques en haute fréquence sur diverses fréquences signale les diverses régions de longueurs d'ondes où apparaissent de nouveaux phénomènes ; ces régions sont les suivantes :

1° La région entre 2.000 et 3.000 kilocycles (150 mètres et 100 mètres) où les portées de jour commencent à croître lorsque la fréquence augmente, en même temps que les portées de nuit paraissent croître très rapidement ; où il existe un degré de sécurité tout à fait inattendu d'après le résultat des observations faites à des fréquences inférieures à 2.000 kilocycles.

2° Une région aux environs de 2.000 kilocycles ($\lambda = 50$ mètres) où il existe une région à réception incertaine pendant les nuits d'hiver à toute proximité du poste émetteur.

3° A des fréquences supérieures, la région à réception incertaine se transformera en zone de silence plus étendue pendant les nuits d'hiver et qui fait son apparition pendant les nuits d'été lorsque la fréquence augmente et même dans le jour pour des fréquences plus élevées.

L'établissement d'une large zone de silence dans le voisinage de l'émetteur semble s'effectuer avec des fréquences qui atteignent 20.000 kilocycles ($\lambda = 15$ mètres). Le graphique essaye de fixer en général les régions à communications incertaines et les régions qui nécessitent des recherches nouvelles. Il est bien évident que les portées indiquées sont loin d'être fixées avec une précision absolue et que des expériences individuelles peuvent paraître en contradiction avec les résultats du gra-

Digitized by Google

phique ; celui-ci doit être considéré comme un résultat moyen de l'état de la question, telle qu'elle apparaît actuellement aux ingénieurs du service de la marine.

Il est à souhaiter que la publication de ces résultats donne lieu à une controverse générale et à la collaboration de tous dans ce nouveau et si intéressant domaine.

Digitized by Google

INFLUENCE PERTURBATRICE EXERCÉE PAR LES LIGNES A COURANT FORT SUR LES LIGNES DE COMMUNICATION DE TOUTES CATÉGORIES [1],

Par M. JÄGER,
Docteur ès sciences, conseiller des Postes à Berlin.

A. Généralités.

Nous établissons une distinction entre l'*exposition au danger* et les *troubles d'exploitation* constatés sur les lignes.

Par *exposition au danger*, il faut entendre : 1° les risques de dégâts matériels par incendie auxquels sont exposées les installations elles-mêmes aussi bien que les bâtiments qui les renferment ; 2° les risques encourus par les personnes qui travaillent sur les lignes ou qui les desservent (chocs acoustiques, effets de ces chocs sur le système nerveux, passage à travers le corps humain des surtensions dangereuses). Par troubles d'exploitation, il faut entendre l'influence perturbatrice dont souffrent l'audition en téléphonie et la réception des signaux en télégraphie. Les circuits de signalisation des chemins de fer en souffrent aussi bien que les lignes téléphoniques et télégraphiques ordinaires.

Tous ceux qui possèdent une antenne voisine d'une ligne de tramways électriques, tous ceux qui à l'approche d'un orage sont restés en écoute au lieu de mettre leur antenne à la terre suivant l'avis transmis par le poste émetteur, ont sans doute fait connaissance déjà avec les « chocs acoustiques ». Il n'est pas difficile de se rendre compte que ceux-ci résultent d'une variation brusque de l'état électrique du milieu dans lequel se

(1) Conférence faite à la 30e assemblée annuelle de l'Association des électrotechniciens allemands (Dantzig, 9 septembre 1925) : *Telegraphen- und Fernsprech-Technik*, mars 1926.

Digitized by Google

propagent les ondes, de la production rapide d'un phénomène électromagnétique. On perçoit des chocs acoustiques analogues dans les récepteurs téléphoniques lorsqu'on effectue des communications dans les centrales électriques (mise sous tension), ou lorsqu'il se produit des dissymétries sur les lignes à haute tension (mise à la terre simple ou double), mais alors les chocs acoustiques sont souvent plusieurs centaines de fois plus intenses, de sorte qu'on se rend parfaitement compte que les chocs violents ressentis par l'oreille produisent de sérieux troubles fonctionnels du système nerveux. Les mêmes dissymétries peuvent entraîner la réception de faux signaux sur les lignes de signalisation et par suite exposer à un danger sérieux la vie de nombreux individus ; elles peuvent aussi nuire considérablement au personnel et aux installations téléphoniques, sous l'effet des tensions de contact très élevées.

Autres inconvénients : au cours d'un magnifique radio-concert, on entend tout à coup des craquements ou des sifflements ininterrompus, dus à des bruits induits ; de même un négociant ou un industriel échangeant une communication téléphonique très importante ne peut aboutir par la faute de perturbations persistantes dues aux lignes à courant fort. Les dommages économiques qui en résultent sont parfois considérables ; en effet ils comprennent pour l'Administration des Téléphones non seulement les pertes par gain manqué, mais encore les surcroîts de dépenses résultant des complications introduites dans le trafic, en particulier en ce qui concerne le service des dérangements ; quant aux abonnés, ces dommages se traduisent pour eux surtout parce que le bénéfice d'une affaire manquée leur échappe. Une statistique récente du ministère des Postes d'Allemagne démontre qu'en un mois les bruits parasites dus aux lignes d'énergie électrique exclusivement ont rendu le service impossible pendant 1.030 heures, ce qui s'est traduit pour l'administration par une perte de 10.000 renten-marks représentant le montant des taxes non perçues de ce fait. La statistique portait sur une période de l'année particulièrement favorable (15 juin-15 juillet); donc les chiffres ci-dessus sont au dessous de la moyenne. Tou-

Digitized by Google

tefois, ils permettent de se faire une idée des sommes ainsi perdues ; en une année elles atteignent facilement 250.000 renten-marks, c'est-à-dire sensiblement la valeur de 4 nouveaux centraux automatiques d'une capacité de 500 lignes chacun, et cela malgré qu'on ait, dès 1920, élaboré des instructions relatives à la protection des circuits téléphoniques.

D'où vient donc que les lignes à courant fort exercent une influence si fâcheuse sur les lignes de communication ? Nous savons qu'un poste de T.S.F. d'amateur peut, même avec une faible énergie d'un quart de watt rayonnée malencontreusement, produire des perturbations considérables dans un poste récepteur à lampes voisin. Or un récepteur téléphonique est sensible à une quantité d'énergie de l'ordre d'un milliardième de watt ; que s'y passera-t-il lorsqu'il recevra les courants provenant d'un couplage électromagnétique entre la ligne téléphonique et la ligne à haute tension qui débite des courants de plusieurs milliers de kilowatts ? On sait que le récepteur téléphonique est l'instrument le plus sensible qu'on ait à sa disposition pour mesurer des courants alternatifs. D'autre part, une ligne à courant fort transmet l'électricité sous forme brute et, ici, la forme d'onde importe peu ; si c'est du courant continu, il peut avoir une forme ondulée très prononcée (jusqu'à 45 °/₀ dans le cas des redresseurs triphasés) ; si c'est du courant alternatif, la forme de la courbe peut être presque trapézoïdale ou triangulaire au lieu d'être rigoureusement sinusoïdale : ces distorsions ne présentent aucun inconvénient sérieux. Il en est autrement pour les lignes de communication et surtout pour les lignes téléphoniques. On a affaire ici pour ainsi dire à la transmission de portraits acoustiques, de spectres de bandes acoustiques si l'on aime mieux, et chaque trait, chaque ligne a son caractère propre auquel il ne faut rien ajouter ni retrancher, donc qui doit être rigoureusement conservé pendant la transmission. Or les efforts produits à distance par les installations à courant fort produisent des adjonctions, suppressions ou modifications qui influent sur la transmission des courants télégraphiques et téléphoniques.

Digitized by Google

B. Installations a courants triphasés.

a) **Effets d'influence électrostatique.** — Les lignes à haute tension et les lignes téléphoniques parallèles constituent un condensateur à air soumis à la tension de service et dont les deux armatures sont les conducteurs des lignes des deux catégories (fig. 1). Le *courant de charge* qui agit sur les circuits téléphoniques est fonction de l'ordre de la capacité mutuelle C_{12}. D'après la formule connue $I = E\,\omega\,l\,C_{12}$ (où E représente la tension alternative de charge), ce courant est proportionnel à la fréquence pour une valeur de E donnée ; dans le cas d'une ligne de tramways à courant monophasé (15^{KV}, $f = 16\ 2/3$), le courant de charge est de l'ordre de 1^{mA} par kilomètre sur une ligne aérienne voisine posée sur l'emprise de la voie ; on constate sensiblement la même valeur sur les circuits téléphoniques distants d'une ligne d'énergie de la largeur d'une route, lorsqu'il s'agit d'une ligne triphasée dont le neutre isolé est mis accidentellement à la terre (15^{KV}, $f = 50$). Pour une section de parallélisme longue de 2 kilomètres, il faut s'attendre déjà à des perturbations sur les fils télégraphiques dans le cas d'une ligne triphasée de ce genre ; en effet, d'après les recherches approfondies que nous avons faites, le courant perturbateur ne doit atteindre que 10 % environ du courant de service, qui est ici de 15 à 20^{mA} ; il faut encore tenir compte du fait que, dans certaines conditions ce courant perturbateur s'écoule dans un seul sens sur les circuits téléphoniques. Cette limite de pourcentage admissible de 10 % ne doit pas surprendre, car ceux qui ont étudié l'influence perturbatrice exercée sur une ligne d'éclairage électrique (220 volts continus) par une installation à courant alternatif, ont pu reconnaître que la tension perturbatrice ne devait pas dépasser 0,3 % de la tension de service, faute de quoi les lampes à incandescence se mettaient à clignoter d'une manière tout à fait désagréable (1).

(1) Voy. *E.T.Z.* : 1924, n° 15, p. 329.

Digitized by Google

Le courant de charge dont on vient de parler peut aussi faire courir des risques au personnel. Si quelqu'un touche par inadvertance une ligne influencée non mise à la terre, tout le courant de charge s'écoule à travers son corps dont la résistance importe peu, car elle est toujours faible en comparaison de l'impédance correspondant à la capacité mutuelle. Un courant de 3^{mA} produit déjà une sensation désagréable et même, s'il n'en résulte aucun dommage pour la santé, la frayeur qui résulte de

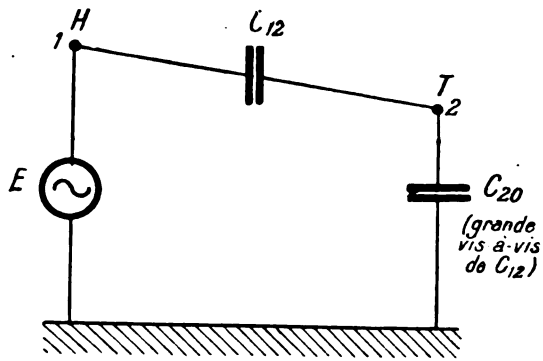


Fig. 1. — Influence électrostatique exercée sur une ligne téléphonique T par une ligne à haute tension H.

cet incident peut avoir les plus fâcheuses conséquences, pour le personnel des services de construction, par exemple. Un courant de 10^{mA} suffit à provoquer des mouvements convulsifs des muscles, de sorte qu'il est impossible de lâcher le conducteur parcouru par ce courant. En dépit de ces faits très importants, il n'a pas été tenu compte de ces phénomènes dans les Instructions (1), sous prétexte que la mise accidentelle à la terre d'une ligne triphasée ne dure jamais longtemps et ne se produit que très rarement, surtout si la construction et l'entretien de ladite ligne sont l'objet de soins particuliers.

Dans le cas d'une mise à la terre accidentelle d'une ligne

(1) Il s'agit dans cet article des instructions de l'administration allemande intitulées *Leitsätze zum Schutze von Fernmeldeleitungen gegen die Einwirkung von Drehstromleitungen*, établies en collaboration entre l'administration allemande des télégraphes et l'Association des électrotechniciens allemands.

Digitized by Google

d'énergie, le moment où la tension tombe subitement sur l'une des phases est encore plus important que l'état de la ligne résultant du défaut lui-même. Lorsqu'un accident de ce genre se produit, les ondes transitoires qui prennent brusquement naissance ont un front généralement raide et sont renforcées par les ondes réfléchies ; elles engendrent, dans les circuits téléphoniques influencés, des tensions d'où résultent des décharges produisant des chocs acoustiques dangereux dans les récepteurs. Les phénomènes sont encore plus accentués lorsqu'on met sous tension une ligne d'énergie affectée d'une terre accidentelle. Dans ce cas on peut remédier en partie à l'effet perturbateur en employant des commutateurs à contacts préalables et à résistance de sécurité. L'emploi de ces dispositifs est recommandé dans les instructions ; lorsqu'on les utilise, les conditions se trouvent améliorées en cas de parallélisme (rapprochement entre lignes).

Une énergie d'un centième de joule suffit pour produire des chocs acoustiques dans les récepteurs. On a admis dans les instructions le double de cette valeur comme limite tolérable parce qu'on suppose que cette énergie s'écoule par moitié dans les deux sens, le long de la ligne. Nous verrons plus loin, à propos des dispositifs de sécurité utilisés par l'administration allemande, comment se produisent ces chocs acoustiques.

Il y a danger quand il existe des dissymétries sur les lignes triphasées ou lorsque les tensions de l'onde fondamentale par rapport à la terre (tensions qui normalement sont du même ordre de grandeur mais décalées de 120°) ne sont plus équilibrées. Tant que l'équilibre subsiste, on n'a généralement pas à redouter un effet perturbateur dû à l'onde fondamentale et présentant la moindre importance pratique.

Il en va autrement pour les harmoniques qui se superposent malencontreusement au courant fondamental ; ces harmoniques sont un fléau pour les deux parties intéressées : ici ils nuisent au bon rendement des installations ; là ils causent un afflux d'énergie, dont les administrations téléphoniques se passeraient bien et qu'elles ne peuvent malheureusement pas ne pas accepter. Nous reviendrons plus loin sur ce point lorsque nous parlerons

Digitized by Google

de la production et de la mesure des harmoniques. Pour l'instant, il suffit de rappeler que, même lorsque les lignes triphasées fonctionnent normalement, les harmoniques gênent considérablement le trafic téléphonique ; à cela rien d'étonnant, car nous avons vu que l'effet d'influence électrique par capacité est proportionnel à la fréquence. Si la courbe du courant à haute tension comprend le 21e harmonique, dont l'ordre de grandeur est d'environ 1/20 du fondamental, le courant de charge dû à cet harmonique est d'une intensité égale à celui qui est produit par le fondamental. Ceci est sans importance en ce qui concerne les fils télégraphiques, mais non en ce qui concerne les circuits téléphoniques, parcourus par des énergies très faibles (10^{-5} watt et même moins à l'extrémité de la ligne). L'oreille réagit différemment suivant les fréquences ; à intensité de courant égale, l'impression ressentie par le nerf acoustique est 100 fois plus prononcée à la fréquence 1100 p.p.s. qu'à la fréquence 50 p.p.s. Par suite, en admettant la présence du 21e harmonique, dont l'intensité est d'environ 1/20 de celle du fondamental, l'effet exercé par cet harmonique sur l'oreille sera 100 fois plus considérable que l'effet exercé par le fondamental. Pendant la guerre, les Américains ont étudié de très près toutes ces questions. La figure 2 représente les résultats recueillis au cours de ces études.

On peut voir que l'influence perturbatrice due aux harmoniques supérieures est très prononcée, et, en nous plaçant au point de vue de l'ingénieur des téléphones, nous ne pouvons admettre l'opinion exprimée dans le paragraphe 14 des instructions allemandes (nouveau projet), opinion d'après laquelle on peut considérer comme pratiquement sinusoïdale une onde dont aucune des valeurs instantanées ne s'écarte de plus de 5 % de la valeur moyenne instantanée de l'onde fondamentale. Si l'on pouvait construire des génératrices ne produisant pas d'harmoniques, ou si l'on arrivait à supprimer ceux-ci du moins dans la gamme des fréquences importantes de la voix (200 à 2.000 p.p.s.), la question des troubles par influence électrique serait résolue et les instructions n'auraient plus à s'en préoccuper. Il y a donc là un problème des plus importants au point de vue économique.

Digitized by Google

Tant qu'on n'aura pas réussi à empêcher la production des harmoniques, on devra s'efforcer de compenser l'effet produit par les tensions des 33 phases des lignes triphasées. Mais cette compensation n'est pas possible pour les harmoniques de rang 3 qui sont en phase sur tous les conducteurs. En effet, en pareil cas,

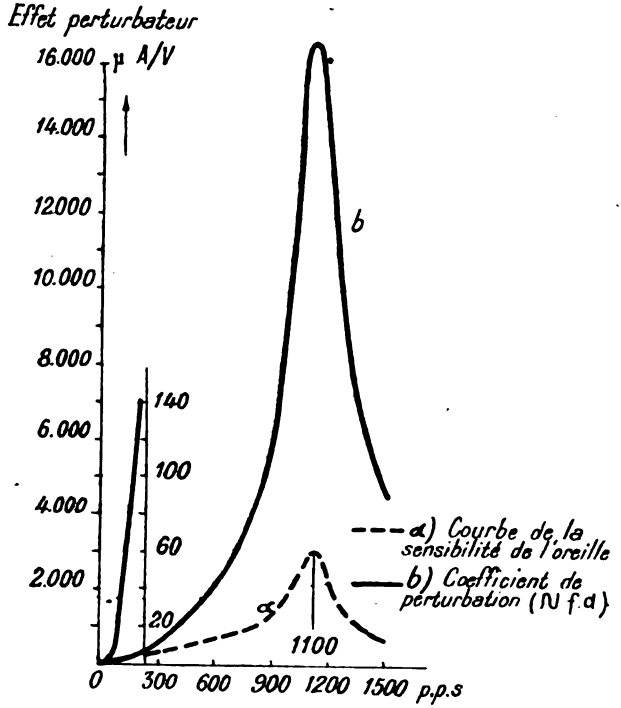


Fig. 2. — Sensibilité auditive relative (*a*) de l'oreille et influence perturbatrice (*b*) des lignes à courant fort, en fonction de la fréquence.

la ligne triphasée constitue un système monophasé unipolaire avec la terre comme conducteur de retour, même dans le cas d'installations dont le neutre est isolé, auquel cas la capacité des enroulements du transformateur par rapport à la terre représente la dérivation à la terre. Pour les harmoniques autres que l'harmonique 3 et ceux de rang 3, on peut rendre égales entre elles les tensions des 3 phases par rapport au sol en effectuant des rotations convenables des conducteurs (sur toute leur longueur), rotations faites à intervalles convenables en rapport avec la

Digitized by Google

longueur d'onde des harmoniques à étouffer; on obtient ainsi un système réellement équilibré par rapport à la terre, système dont la tension résultante totale (somme vectorielle des tensions des 3 phases) est nulle pour les harmoniques qui ne sont pas des harmoniques 3 ou multiples de 3. Dans cette hypothèse, il est aussi possible de réaliser l'équilibre indispensable entre phases de la ligne triphasée sur toute la section de parallélisme entre lignes téléphoniques et lignes à haute tension. Dans certains cas, cet équilibre sera encore amélioré en effectuant des rotations ou croisements sur les circuits téléphoniques bifilaires comme il est prévu dans les instructions de l'administration des télégraphes. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Nous allons voir maintenant si l'on peut, au point de vue des troubles par influence électrique, admettre des rapprochements entre lignes à courant fort et lignes à courant faible. Pour les récepteurs téléphoniques comme pour les appareils télégraphiques, un accroissement de la tension de 10 % par rapport à la tension aux bornes en service normal, est une source de perturbations. Pour une tension de 2 ou 3 volts au départ d'une communication téléphonique ayant un affaiblissement maximum $b=3{,}5$ entre postes d'abonnés, on a, à l'arrivée, une tension $e^{-b} \times 3 = 1/33 \times 3$ soit sensiblement 1/10 de volt. C'est pourquoi, dans les nouvelles instructions, on tolère une tension perturbatrice de 1/100 de volt; nous ne méconnaissons pas que cette valeur est décidément trop élevée lorsque, pour des causes quelconques, la transmission de la parole souffre d'un affaiblissement très prononcé, ou lorsque la tension au départ n'atteint pas la valeur prescrite, comme c'est le cas pour les installations à batterie centrale. En ce qui concerne le calcul exact des rapprochements, nous renvoyons aux consignes relatives aux instructions, dont les formules ont été reproduites dans un article paru dans l'*E. T. Z.* (1). Qu'il nous suffise de rappeler ici que les sections des lignes triphasées comprises dans un parallélisme et pourvues de croisements n'interviennent pas dans le calcul des effets per-

(1) Voir aussi : *Telegr.- und Fernsprech-Technik*, 1925, n° 11, pages 317 et suivantes.

Digitized by Google

turbateurs du fait qu'elles sont équilibrées par rapport aux circuits téléphoniques voisins.

Mais si une phase est mise accidentellement à la terre, le système triphasé cesse d'être symétrique et l'équilibre par rapport aux circuits téléphoniques est rompu. En pareil cas, les rotations restent naturellement sans effet, et on comprend facilement que, par suite de l'accroissement de la tension résultante et de l'effet de cet accroissement sur les sections voisines munies de rotations, les troubles s'accentuent au point d'empêcher absolument la transmission de la parole. *Il est indispensable d'isoler promptement la section affectée d'une mise accidentelle à la terre ;* il faut donc tenir compte à l'avance de cette éventualité lorsqu'on étudie les cas de rapprochement. Ceci est absolument nécessaire si l'on n'est pas absolument certain qu'il sera remédié au défaut de ligne au plus tard dans un délai de 3 heures.

Mais n'est-il pas possible d'éviter des parallélismes entre lignes triphasées et lignes téléphoniques? Puisque celles-ci ont des appuis très rapprochés (50 mètres entre appuis successifs), puisqu'elles comprennent un grand nombre de circuits et que les travaux d'entretien y sont considérables, puisque pour toutes ces raisons on est obligé de les poser le long des routes, ne pourrait-on pas obtenir que les lignes triphasées soient constituées à une distance raisonnable des routes. Leur pose le long ou au voisinage immédiat des voies de communication n'est-elle pas une hérésie dont on se moquera certainement plus tard? Evidemment il est des cas où un rapprochement est inévitable, mais, en principe, on devrait s'efforcer d'éloigner les lignes à haute tension des circuits téléphoniques lorsque cette mesure n'est pas anti-économique pour les intéressés. On devrait admettre que la réalisation d'un écart suffisant est dans tous les cas le moyen le plus sûr d'éviter les perturbations. La compétence technique jointe à un peu de bonne volonté peut faire beaucoup. A ce point de vue, quelques chiffres reproduits ci-dessous sont très instructifs. En Allemagne, les lignes téléphoniques posées le long des rues et des routes (non le long des voies ferrées) ont une longueur totale de 160.000 kilomètres en chiffres

Digitized by Google

ronds. Cinq et demi pour cent de ces lignes (8.930 kilomètres) sont engagées dans des parallélismes avec des lignes triphasées d'une tension supérieure à 3.000 volts. Dans 53 % de ces rapprochements, l'écart entre lignes des deux catégories ne dépasse pas 20 mètres; ces lignes sont évidemment posées toutes deux le long des routes. Si l'on cherche comment ces rapprochements sont répartis entre les divers districts placés sous l'administration des directions supérieures des postes (nombre total des rapprochements dans chaque district = 100 %), on trouve :

pour	le	district	de Coblence	2 %
»	»	»	de Berlin	3 %
»	»	»	de Constance	8 %
»	»	»	de Carlsruhe	9 %
»	»	»	de Francfort s/M	13 %
»	»	»	de Dortmund	23 %, etc...

Par contre, on trouve :

pour	le	district	de Düsseldorf	72 %
»	»	»	de Köslin	88 %
»	»	»	de Stettin	90 %
»	»	»	de Halle	93 %
»	»	»	de Hanovre	93 %
»	»	»	de Breslau	98 %

On sait que dans ces six derniers districts il existe un grand nombre d'installations électriques à 15.000 volts. La différence est frappante entre les districts de Dortmund et de Düsseldorf, malgré que leur vie industrielle, commerciale et économique soit la même. C'est la Bavière qui, à ce point de vue, se trouve dans les conditions les plus favorables (5 %).

b) **Effets d'induction magnétique.** — Lorsque les lignes triphasées sont couplées magnétiquement avec des circuits téléphoniques (effet de transformateur), l'induction constitue, comme l'influence électrique, une source de pertubations et de dangers. Supposons encore qu'il existe des dissymétries entre phases (par exemple, une terre simple dans le cas de systèmes triphasés dont le neutre est à la terre, ou une double mise accidentelle à la

Digitized by Google

terre dans le cas de systèmes dont le neutre est isolé). Dans les nouvelles instructions, on n'a pas envisagé ce dernier cas, contrairement à ce qui avait été fait en 1923, car on espère que les bobines de décharge insérées au point neutre empêcheront la production des doubles mises à la terre et, en outre, que la construction plus soignée et une surveillance plus rigoureuse des installations à haute tension assureront une protection suffisante. Pour cette raison, dans le cas d'une simple mise à la terre sur un réseau à haute tension dont le neutre est à la terre, on n'a pas considéré le cas de rapprochements à des distances supérieures à 1.000 mètres, bien qu'au delà de cette distance il puisse se produire des troubles très prononcés. En effet, dans certaines conditions, les tensions induites atteignent des valeurs extraordinairement élevées : on cite un cas où la tension induite sur un circuit téléphonique par une ligne sous 30.000 volts, parallèle au premier sur une longueur de 42 kilomètres (distance moyenne entre les deux lignes : 210 mètres) atteignait 6.000 volts lorsque, dans l'usine génératrice, toutes les dynamos fonctionnaient en même temps, avec un courant brusque de court-circuit de 1.800 ampères (pour 100^{A}, 330^{V}). Avec de pareilles tensions induites, il y a danger de mort à toucher les fils du circuit induit ; les risques d'incendie sont très grands ; dans tous les cas, on peut s'attendre à de violents chocs acoustiques.

Ces phénomènes d'induction peuvent aussi nuire au bon fonctionnement des lignes de signalisation des chemins de fer. Comme les fils télégraphiques, ces lignes sont généralement exploitées avec la terre comme conducteur de retour et avec des appareils récepteurs électromagnétiques dont la sensibilité est telle que leur armature fonctionne sous l'effet des impulsions du courant alternatif engendré par une magnéto ; les mouvements de cette armature provoquent le fonctionnement d'un petit disque d'un tableau indicateur d'appels, qui selon la position de ce disque indique si la voie est libre ou bloquée sur telle section de la voie ferrée. Rappelons qu'une magnéto (appel magnétique) a une force électromotrice d'environ 75 volts à une fréquence

Digitized by Google

de 15 p.p.s.. Les appareils récepteurs fonctionnent toutefois encore sous l'effet de courants dont la fréquence peut atteindre 100 p.p.s. ; à la fréquence 50, il suffit d'une tension de 50 volts pour les actionner ; or une telle tension pourrait être induite par une ligne triphasée dont le neutre serait à la terre, placée à une distance de 100 mètres de la ligne de signaux et parallèle à cette ligne sur une longueur d'un kilomètre, dans le cas où la mise accidentelle à la terre de la ligne triphasée donnerait naissance à un courant de court-circuit de 300 ampères seulement.

Donc, lorsqu'il s'agit de lignes de signaux, les troubles d'induction peuvent avoir des conséquences dont la portée est considérable ; c'est précisément ce qui distingue ces lignes des lignes télégraphiques, car jusqu'ici on a admis que, vu la rapidité avec laquelle se passe le phénomène, on pouvait pour ces dernières tolérer les perturbations.

Évidemment les effets d'induction magnétique peuvent être le fait des courants de charge qui sont engendrés par la mise accidentelle à la terre du neutre d'un réseau triphasé, courants qui atteignent des valeurs considérables lorsque ce réseau est très étendu. D'après une formule empirique, on estime à 3 ampères par 10.000 volts et par 100 kilomètres de ligne triphasée, l'intensité des courants induits. Or il n'a pas été tenu compte dans les instructions de l'effet produit par ces courants de charge.

Il en est de même en ce qui concerne l'influence perturbatrice des harmoniques des courants des phases en service normal, et cela même pour les harmoniques 3 ou multiples de 3 des lignes triphasées dont le neutre est à la terre. Pour ces dernières, il est dit simplement dans les instructions que les transformateurs de puissance doivent être connectés de telle manière (ou bobinés de telle façon) que les flux magnétiques engendrés par les harmoniques de rang 3 soient, autant que possible, étouffés. Il conviendrait de procéder à des études approfondies pour s'assurer si ces mesures sont suffisamment efficaces. On fait allusion ici au montage triangle-étoile ou à l'introduction d'un troisième enroulement fermé, en forme de triangle ; le montage en zig-zag ne conviendrait pas en pareil cas, car il ne peut compenser le

Digitized by Google

flux engendré par les harmoniques 3 ou de rang 3, même si le point neutre n'est soumis à aucune tension de rang 3.

C. Autres installations a haute tension.

En principe, il n'y a pas à signaler de phénomènes spéciaux dans le cas des lignes de traction à courant monophasé : les pertes à la terre (court-circuits) agissent comme les mises accidentelles à la terre dans le cas de lignes triphasées dont le point neutre est à la terre, ou comme les doubles mises à la terre dans le cas où le neutre est isolé ; toutefois, pour des courants de court-circuit d'égale intensité, les tensions induites par les chemins de fer monophasés sont, à cause de leur fréquence (f=16 2/3), de 2/3 environ plus faibles que dans le cas de lignes triphasées (f=50). Le système étant complètement déséquilibré, la tension et le courant résultants sont égaux à la tension de service et au courant de traction ; les influences exercées à distance s'en ressentent. On protège les lignes téléphoniques contre ces influences, d'abord en respectant l'écartement jugé nécessaire, ou si cela n'est pas possible (cas des lignes téléphoniques appartenant à la compagnie des chemins de fer) en recourant à l'emploi de câbles établis de telle façon que les conducteurs soient isolés par rapport à la terre pour des tensions de l'ordre de 2.000 volts efficaces. On peut encore se servir de câbles tels que le courant qui circule dans l'enveloppe produise un effet compensateur très prononcé ; d'après l'expérience, cet effet réduit de 20 % la tension induite par le courant fondamental et davantage encore les tensions induites par les harmoniques.

Les lignes de traction fonctionnant avec du courant continu fourni par de gros redresseurs à vapeur de mercure sont, pour les lignes de communication, des voisines fort gênantes. La forme ondulée du courant redresseur est telle que le rapport de l'amplitude maximum de l'ondulation à la moyenne arithmétique du courant continu atteint 45 % dans le cas de redresseurs triphasés et 8 à 10 % dans le cas de redresseurs

Digitized by Google

hexaphasés. La fréquence fondamentale des ondulations du courant redressé est de 150 ou 300 (suivant qu'il s'agit des montages triphasés ou hexaphasés à 50 périodes) ; mais, même pour une courbe de courant idéale, il existe des harmoniques supérieures (voir tableau I) ; en réalité, on peut encore s'attendre

TABLEAU I.

Fréquence de l'harmonique.	Valeurs efficaces, en % de la valeur moyenne arithmétique du courant continu suivant le nombre de phases :			
	2 phases.	3 phases.	6 phases.	12 phases.
100	47,2	—	—	—
150	—	17,7	—	—
200	9,4	—	—	—
300	4,0	4,0	4,0	—
400	2,2	—	—	—
450	—	1,8	—	—
500	1,4	—	—	—
600	1,0	1,0	1,0	1,0
700	0,7	—	—	—
750	—	0,6	—	—
800	0,6	—	—	—
900	0,4	0,4	0,4	—
1200	0,25	0,25	0,25	0,25

à ce qu'il se produise d'autres oscillations par suite des irrégularités résultant des mouvements de l'arc en passant d'une anode à l'anode suivante. En effectuant les calculs d'après les valeurs mentionnées dans le tableau ci-dessus, on peut, pour un courant de traction de 100 ampères débité par un redresseur triphasé, s'attendre à une valeur efficace du courant alternatif dû aux ondulations de 18 ampères ($f=150$), de 4 ampères ($f=300$), etc...

L'installation de traction constituant un système totalement déséquilibré, on peut se rendre compte que l'effet perturbateur exercé sur les circuits téléphoniques voisins par ces ondulations du courant redressé sera considérable en raison de l'intensité très grande des harmoniques supérieurs. Une sérieuse aggravation résulte de ce que les lignes influencées par des réseaux

Digitized by Google

de tramways alimentés par des redresseurs (cas fréquent) sont surtout des lignes d'abonnés au téléphone, circuits bifilaires il est vrai, mais comportant une prise de terre au central téléphonique qui les dessert (soit au tableau commutateur, soit sur l'installation qui fournit le courant microphonique), aussi bien que chez les abonnés eux-mêmes; il s'ensuit que ces lignes sont

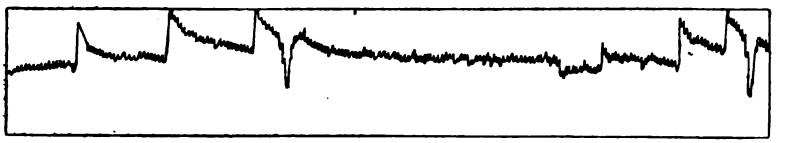


Fig. 3. — Troubles inductifs causés sur les circuits téléphoniques par une ligne de traction à courant continu.
(L'oscillogramme du courant de mesure n'est pas reproduit.)

tout à fait dissymétriques au point de vue de la fréquence perturbatrice (Pour plus de détails, voir D c)).

On procède actuellement à des essais tendant à écarter du fil de contact la fréquence fondamentale des ondulations au moyen d'un shunt résonnant associé au redresseur; en même temps, on intercale une bobine de réactance au point de jonction (bobine d'absorption); il faut que le shunt résonnant ait

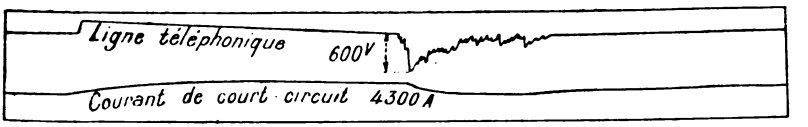


Fig. 4. — Induction produite sur les lignes téléphoniques par un court-circuit.

une résistance effective aussi faible que possible; c'est pourquoi l'on ne peut utiliser pour ce shunt des condensateurs au papier. L'ensemble de l'installation revient assez cher; il existe peut-être d'autres moyens d'éviter les perturbations, par exemple en agissant sur le flux magnétique du transformateur placé entre le redresseur et le réseau alternatif à haute tension, de telle sorte que les courants partiels d'anode soient sensiblement rectangulaires.

On cite un cas où l'on est arrivé à supprimer pratiquement les perturbations occasionnées par des redresseurs hexaphasés

Digitized by Google

en les transformant en redresseurs à 12 phases. Personnellement, nous avons l'intention d'essayer un système qui consiste à intercaler un circuit filtrant sur la prise de terre du poste des abonnés ; cependant le résultat est *a priori* douteux.

Lorsque l'exploitation des voies électrifiées à courant continu (tramways de banlieue) obligé à fournir aux automotrices une grande quantité d'énergie, il peut en résulter des troubles au moment de la mise sous tension des fils et surtout en cas de court-circuit. Pour étudier cette question, on procède en ce moment à des expériences sur une portion électrifiée du réseau

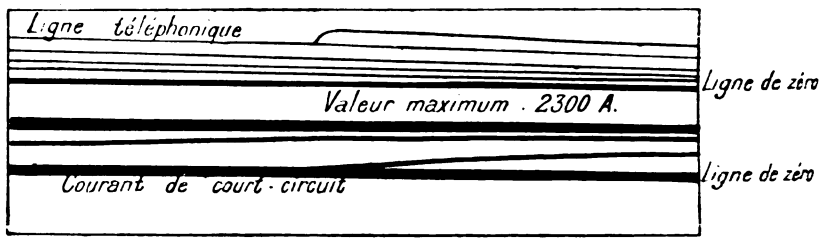


Fig. 5. — Production et accroissement du courant de court-circuit. (Valeur maximum : 2300 ampères.)

de tramways desservant la banlieue berlinoise (800 volts). L'influence du courant de service sur un fil télégraphique posé dans l'emprise de la voie, ressort de l'examen de l'oscillogramme représenté sur la figure 3, on remarquera en particulier l'effet de l'impulsion qui se produit au moment de la mise sous tension. Sur la figure 4, on voit l'oscillogramme d'un courant de court-circuit dont l'intensité maximum atteignait 4.300 ampères, ainsi que la courbe de la tension induite par ce courant sur la ligne de communication ; le troisième enregistrement concerne le courant alternatif de mesure à 50 périodes, servant de point de repère. Au moment où le court-circuit s'est produit, la tension induite était relativement basse (200 volts environ sur la ligne influencée, qui suivait les rails sur une longueur de 6 kilomètres), mais elle atteignit 600 volts environ au moment où l'on a coupé le courant. L'interrupteur doit fonctionner automatiquement en 1/100 de

Digitized by Google

seconde; dans le cas qui nous occupe, il était réglé pour 5.000 ampères, de sorte que, comme on peut le voir, il n'a fonctionné qu'après un laps de temps assez long. Du fait que l'inductance du circuit est grande et sa résistance ohmique faible, le courant de court-circuit n'atteint que lentement sa valeur maximum (fig. 5). A cela se superposent encore naturellement sur la ligne de communication les harmoniques du courant à 50 périodes.

D. Lignes et installations téléphoniques.

a) Paratonnerres et coupe-circuits. — Occupons-nous d'abord des dispositifs de sécurité utilisés par l'administration des postes d'Allemagne pour protéger ses circuits. Chaque con-

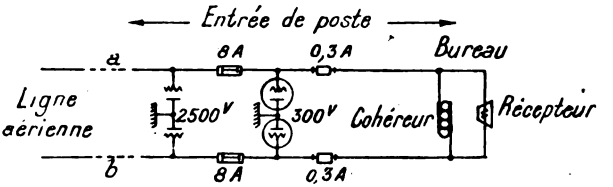


Fig. 6 a. — Protection des circuits téléphoniques contre les lignes à courant fort : dispositifs utilisés actuellement, comportant des cohéreurs protecteurs.

ducteur d'un circuit bifilaire aérien est muni (fig. 6*a*) d'un dispositif de protection contre les courants forts consistant en un « parafoudre à couteaux » qui s'amorce sous une tension de 2.500 volts environ. Ce parafoudre dérive à la terre la majeure partie des courants provenant des décharges atmosphériques. Vient ensuite un fusible pour courant intense fonctionnant sous 8 ampères; il ne joue son rôle qu'associé au paratonnerre suivant (paratonnerre à vide à électrodes en charbon ou en aluminium). Si un conducteur de la ligne de communication entre en contact avec un fil de traction, ce second paratonnerre remplit son rôle, qui consiste à protéger les installations intérieures, car le fusible de 8 ampères fond, sans qu'il se forme d'arc dès que la surtension a amorcé le deuxième parafoudre réglé sur 300 volts, et le circuit se trouve mis à la terre. Le paratonnerre en outre sert à conduire dans le sol le résidu

Digitized by Google

des décharges atmosphériques. Enfin on trouve ensuite un coupe-circuit pour courant faible servant à protéger les enroulements des appareils et qui fonctionne dès que le courant atteint 3/10 d'ampère.

L'intensité de fonctionnement de 8 ampères du premier coupe-circuit fusible est trop élevée; s'il était possible de la réduire à 3/10 d'ampère, ou pourrait se dispenser de recourir au 3e coupe-circuit. Naturellement, il faudrait que le second

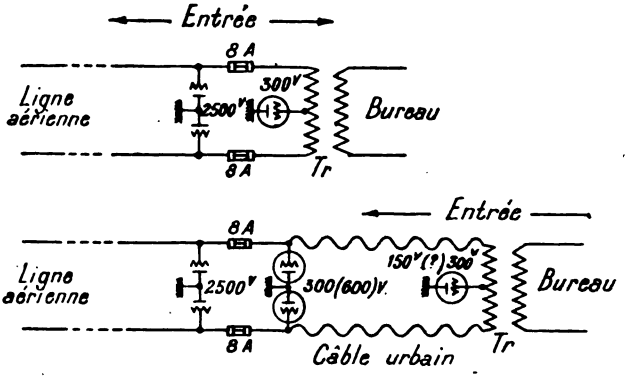


Fig. 6 *b*. — Protection des circuits téléphoniques contre les lignes à courant fort : dispositif avec translateur susceptible de donner de bons résultats.

paratonnerre fût construit de telle sorte qu'il ne s'y produisit pas d'explosion à 600 volts (tension des réseaux de tramways); car si un arc s'établit, un incendie peut en résulter. L'intensité de fonctionnement du 1er fusible (à 8 ampères) est assez élevée, mais on l'a choisie de manière qu'il ne grille pas trop souvent pendant les orages. Soumis à une charge qui s'écoule rapidement, il fond pour une énergie de 12 joules, alors qu'un fusible à 2 ampères du même type et ayant un fil de même métal (constantan) fond pour une énergie de $0^J,4$. Récemment, la maison Siemens et Halske a livré des coupe-circuits pour 3 ampères dont le fusible (fil de fer spécial) fond pour une énergie de 9 joules environ; on pourra peut-être faire mieux encore dans la suite. Les essais se poursuivent.

Ces dispositifs de sécurité ne jouent leur rôle qu'en cas de contact avec une ligne à courant fort de 600 volts environ; leur action est nulle au point de vue des effets d'induction. Au

Digitized by Google

contraire, les deuxièmes paratonnerres (300 volts) sont la cause indirecte des bruits parasites, car ils ne s'amorcent jamais en même temps ni de la même manière, de sorte que la charge existant sur le deuxième fil de ligne atteint le récepteur si le parafoudre du premier fil s'amorce le premier. Si ces parafoudres n'existaient pas, il se produirait évidemment aussi des craque-

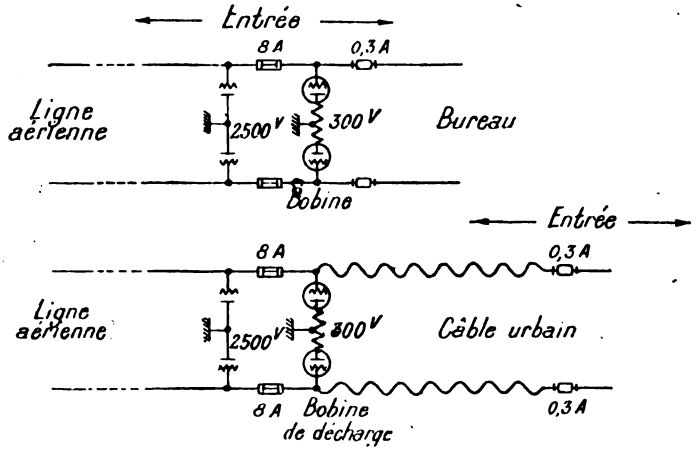


Fig. 6 c. — Protection des circuits téléphoniques contre les lignes à courant fort : dispositif en essais, comportant des bobines de décharge dont le point neutre est à la terre.

ments dans le récepteur parce qu'alors l'isolant de l'installation intérieure serait percé quelque part.

L'administration allemande essaye de protéger les opératrices contre les chocs acoustiques au moyen de cohéreurs protecteurs, qui sont montés en parallèle avec les récepteurs téléphoniques qu'ils court-circuitent dès que la tension aux bornes atteint quelques volts. Ces appareils sont excellents en soi, mais leur fonctionnement laisse trop souvent à désirer en raison de la grande résistance qu'ils offrent au passage du courant. On travaille actuellement à leur perfectionnement. Récemment, l'A.E.G. a eu l'idée d'employer d'une manière nouvelle des bobines de décharge ou des translateurs en branchant le paratonnerre à 300 (ou 150 ?) volts entre la terre et le point neutre de ces bobines ou de ces translateurs (fig. 6 *b*). Elle a proposé aussi un montage des deux paratonnerres con-

Digitized by Google

forme à la figure 6 *c*. Les essais n'ont pas donné de résultats défavorables, mais il reste encore à éclaircir différents points: par exemple : comment les dispositifs de sécurité se comportent lorsque les deux fils de ligne sont dissymétriques. Par suite de l'accroissement de résistance de la prise de terre, due aux enroulements de la bobine de couplage, la protection ne risque-t-elle pas de n'être plus suffisante et la charge des ondes transitoires à front raide ne pourrait-elle pas atteindre les installations intérieures ? etc... Si la dernière disposition envisagée faisait ses preuves, on pourrait peut-être, ainsi que Brauns l'a préconisé, protéger toutes les lignes d'un bureau au moyen d'une seule bobine.

b) Croisements ou rotations des conducteurs téléphoniques. — Que dire de la symétrie des circuits allemands ? Pour répondre à cette question, il faut établir une distinction entre les lignes à grande distance d'une part et les lignes urbaines, suburbaines et de districts d'autre part. Les premières sont équilibrées en appliquant la méthode des croisements due à Pinkert [1]; chaque circuit est rendu symétrique par rapport à tous les autres; il en est ainsi à la fois pour les combinants et pour les fantômes. La figure 7*a* montre comment la méthode est appliquée à 4 circuits; pour obtenir 4 séries de croisements, il faut partager en 4 parties la section de ligne à protéger. Sur le schéma simplifié, on n'a représenté que le fil qui se trouve placé en haut des autres : ce fil est en trait fort s'il s'agit du conducteur *a* et en trait fin s'il s'agit du conducteur *b*. Pour 8 circuits parallèles, il faut 8 séries de croisements, c'est-à-dire qu'il faut diviser en 8 parties la section à protéger; pour une nappe de 16 circuits, il faudra 16 séries de croisements, espacés d'un seizième de la section à protéger (fig. 7 *b*). Comme les courants de conversation changent de phase en parcourant la ligne et ont une intensité graduellement décroissante, il ne faut pas que la longueur de ligne

(1) Pinkert, *Induktionsschutz für Fernsprechleitungen*, dans *T.-u.F.-Technik*, 1919, n° 4, p. 108.

Digitized by Google

prise pour base soit trop grande si l'on veut réaliser un équilibre efficace. Pour tous les cas rencontrés dans la pratique, une longueur de ligne de 80 kilomètres a été reconnue suffisante, de sorte qu'avec 16 séries de croisements (nombre maximum) la section de transposition a une longueur de 5 kilomètres. La première série se différencie des suivantes en ce que la ligne

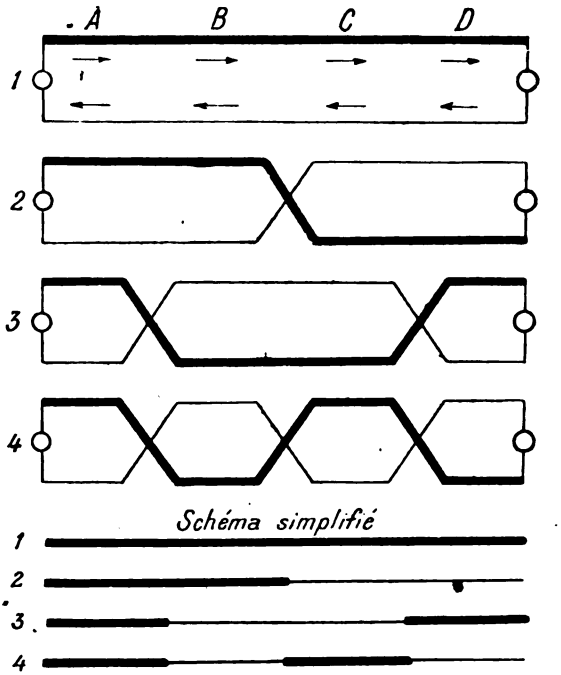


Fig. 7 a. — Croisements pour 4 circuits parallèles.
(Méthode employée par l'administration allemande.)

ne comporte de croisement nulle part et par suite n'est pas symétrique par rapport aux lignes télégraphiques voisines, même s'il s'agit de lignes appropriées au télégraphe et exploitées au sounder.

Il faut aussi déterminer une série de rotations pour chacun des circuits fantômes; en raison de la plus grande largeur de la boucle et par conséquent de l'induction plus élevée, on choisit une série de croisements plus rapprochés, par exemple 15. Il est bon alors de croiser les combinants correspondants comme

Digitized by Google

l'indiquent les séries 5 et 8 par exemple, parce que dans l'exécution du travail on évite que les croisements des combinés tombent aux mêmes points que ceux des combinants. C'est pour cette raison également que la série 16 se différencie des autres.

Des explications ci-dessus se dégagent deux faits importants. Étant donné que les poteaux de croisements successifs sont distants l'un de l'autre de 5 kilomètres, une ligne triphasée parallèle à la ligne téléphonique ne peut être symétrique par rapport à celle-ci que si elle comporte *un croisement ou une*

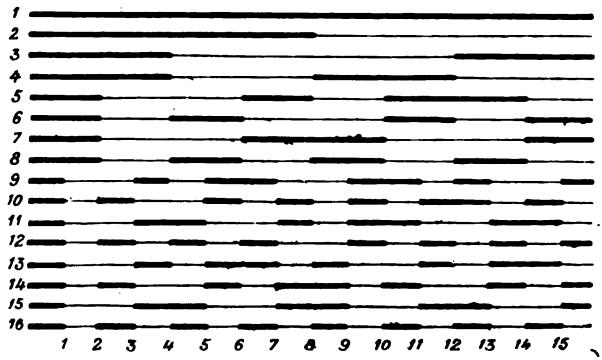


Fig. 7 *b*. — Séries de croisements pour 16 circuits parallèles. (méthode employée par l'administration allemande).

transposition tous les 5 kilomètres. C'est seulement en ce cas que son influence sera nulle. Si elle ne comporte pas de croisement, il faut tenir compte de toute la longueur du parallélisme pour calculer l'effet perturbateur, mais surtout de la section perturbatrice (Störungslänge), c'est-à-dire la moitié de la longueur prise comme base des croisements, soit 40 kilomètres. D'autre part, il n'est pas toujours possible de rendre un circuit téléphonique symétrique par rapport à une ligne triphasée voisine. On ne peut guère y arriver que dans les limites de la règle adoptée pour les croisements, c'est-à-dire pour une longueur de ligne de 80 kilomètres, ou bien — avec un surcroît de dépenses — pour une longueur de 16 kilomètres en réduisant chaque section d'anti-induction de 5 à 1 kilomètre et la longueur de la section perturbatrice (Störungslänge) de 40 à 8 kilomètres.

Digitized by Google

c) **Montages spéciaux ; leur importance au point de vue de la réduction des troubles par induction.** — Pour empêcher que les dissymétries des installations locales ne réagissent sur le fonctionnement des lignes à grande distance, on termine celles-ci par des translateurs. Dans le cas de circuits téléphoniques appropriés à la télégraphie (téléphonie et télégraphie simultanées), le point neutre de ces translateurs est mis à la terre des deux côtés à travers l'installation télégraphique. Cette disposition ne change rien à la symétrie des circuits réels et des fantômes par rapport à la terre; mais s'il existe de faibles dissymétries entre les conducteurs *a* et *b* des circuits, il est évident que ces circuits seront fortement perturbés s'ils se trouvent dans la région soumise à l'influence des lignes à courant fort.

Les lignes d'abonnés peuvent être tout à fait dissymétriques par rapport aux sorties de courants perturbateurs lorsqu'elles comportent des postes supplémentaires fonctionnant d'après le système à batterie centrale. En pareil cas, l'alimentation du poste principal s'effectue exclusivement à travers le conducteur *a* et celle des postes supplémentaires à travers le conducteur *b* du circuit. Le récepteur se trouve sur la diagonale d'un pont qui n'est pas équilibré pour les fréquences perturbatrices; enfin il existe une terre au bureau téléphonique comme chez l'abonné pendant que la conversation est en cours, bien que les courants de conversation circulent le long du circuit bifilaire.

Il est possible qu'il existe de pareilles dissymétries également sur les lignes suburbaines exploitées d'après le système à batterie locale.

E. Mesures.

a) **Bruits causés par les courants forts.** — Jusqu'ici, on mesurait l'intensité de ces bruits en augmentant artificiellement l'affaiblissement de la ligne, jusqu'à ce que tout bruit parasite eût disparu. Si l'affaiblissement supplémentaire réalisé était supérieur à $b = 3{,}5$, la ligne était jugée impropre au service téléphonique. Ce procédé est défectueux à plusieurs égards. Il

Digitized by Google

sera remplacé par une méthode préconisée par la maison Siemens et Halske et qui prévoit l'emploi d'un appareil de mesure des tensions perturbatrices induites (Geräuschspannungsmesser représenté sur la figure 8 ; cette méthode permet de comparer la tension perturbatrice produite sur la ligne à la tension produite par un vibrateur de fréquence 800 p.p.s. (1). On mesure ainsi en millivolts la tension à 800 périodes équivalente à la tension perturbatrice induite se manifestant dans le circuit

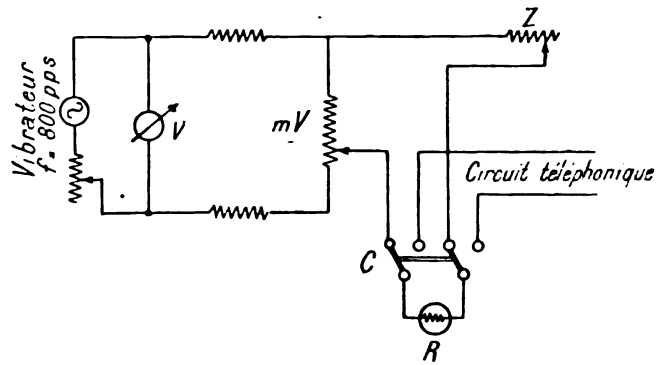


Fig. 8. — Appareil Siemens et Halske pour la mesure des tensions perturbatrices induites.

téléphonique. D'après les résultats d'expérience acquis jusqu'ici, cette méthode donne entière satisfaction.

b) Coefficients de perturbation téléphonique. — Pour déterminer l'influence perturbatrice exercée sur les circuits téléphoniques par les génératrices, etc..., il existe en Allemagne divers dispositifs qui ont été employés récemment avec succès dans le cas de machines et transformateurs utilisés par les chemins de fer à courant alternatif. Le plus ancien est d'origine américaine ; il est basé sur la courbe de la perturbation en fonction de la fréquence que nous connaissons déjà (voy. fig. 2) ; son organe essentiel est un filtre (2) qui joue le rôle d' « oreille électrique », de sensibilité variable suivant la fréquence.

(1) Voy. Küpfmüller, *Vergleichen der Geräuschmessung*, dans *Wissensch. Veröffentl. aus dem Siemens Konzern*, vol. III, n° 2, 1924.

(2) Voy. Osborne, *Transactions of the A.I.E.E.*, vol. 38 (1919), p. 261.

Digitized by Google

Sur le circuit de la génératrice soumise aux essais, on intercale une résistance R qui applique à l'entrée du filtre la tension réduite V (fig. 9). Du filtre sort un certain courant que l'on peut mesurer au moyen d'un couple thermo-électrique et d'instruments de mesures en courant continu (galvanomètre à boucle de Zeiss). Le rapport de l'intensité du courant de sortie (en milliampères) à la tension d'entrée (en volts) représente le *coefficient de perturbation téléphonique*; il caractérise la forme d'onde de la génératrice considérée. Faute de place, il n'est pas

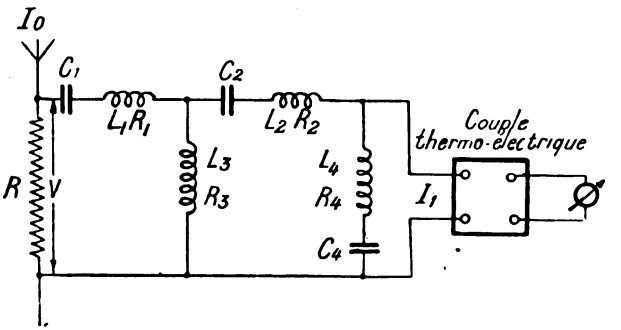


Fig. 9. — Filtre servant à mesurer le « coefficient de perturbation téléphonique »

possible d'entrer ici dans les détails. Cependant, j'aimerais attirer l'attention sur le fait que, d'après les mesures faites avec cet instrument, les machines ayant le plus fort coefficient de perturbation téléphonique sont celles qui engendrent en service normal des harmoniques des fréquences 800 à 1.100 (fréquences de résonnance de l'oreille). De plus, toujours d'après les résultats expérimentaux, il semble que les machines dont le nombre d'encoches par pôle est un nombre fractionnaire (10 1/2 par exemple) risquent moins de causer des perturbations que celles dont le nombre d'encoches par pôle est un nombre entier. Dans le premier cas, il faut multiplier par le dénominateur la fréquence de denture, déduite du nombre d'encoches, pour trouver la fréquence perturbatrice principale. Cette observation montre peut-être la voie où il faut s'engager pour chasser, hors du domaine des fréquences téléphoniques, la tension perturbatrice.

Digitized by Google

On a reconnu équivalente à ce procédé objectif de mesures une méthode subjective de mesure auditive préconisée par la maison Siemens et Halske, qui, dans ce but, a imaginé l'appareil de mesure du coefficient de perturbation téléphonique (Störfaktormesser) représenté sur la figure 10. La tension E de la génératrice à étudier, réduite par R, agit, à travers un condensateur C, sur une résistance r, qui doit, pour la fréquence fondamentale, avoir une valeur faible par rapport à l'impédance du condensateur G. Donc, on peut, d'après E et C, calculer la tension

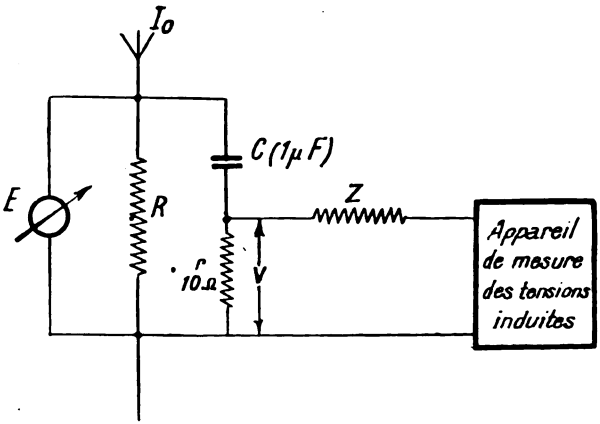


Fig. 10. — Appareil Siemens et Halske pour la mesure du « coefficient de perturbation téléphonique ».

efficace V de l'onde fondamentale qui est appliquée à r. Ce qui rend la mesure directe de cette tension V particulièrement difficile c'est l'apparition brusque des harmoniques ternaires. Les courants qui parcourent r contiennent déjà le facteur de proportionalité f, par suite de l'effet du condensateur. Il faut tenir compte dans les mesures du facteur très important que constitue la sensibilité de l'oreille de l'opératrice puisque c'est un récepteur téléphonique qui sert d'instrument de mesure. La tension perturbatrice réduite aux bornes de r est lue directement en millivolts sur un appareil de mesure des tensions perturbatrices induites, du type dont il a été question plus haut (fig. 8). Le rapport $\frac{m\,V}{V}$, exprimé en °/₀, représente, par défi-

Digitized by Google

nition, le coefficient de perturbation téléphonique. A une certaine fréquence déterminée, on peut trouver le rapport existant entre les deux coefficients de perturbation définis ci-dessus, mais on ne peut le faire pour des fréquences complexes. Con-

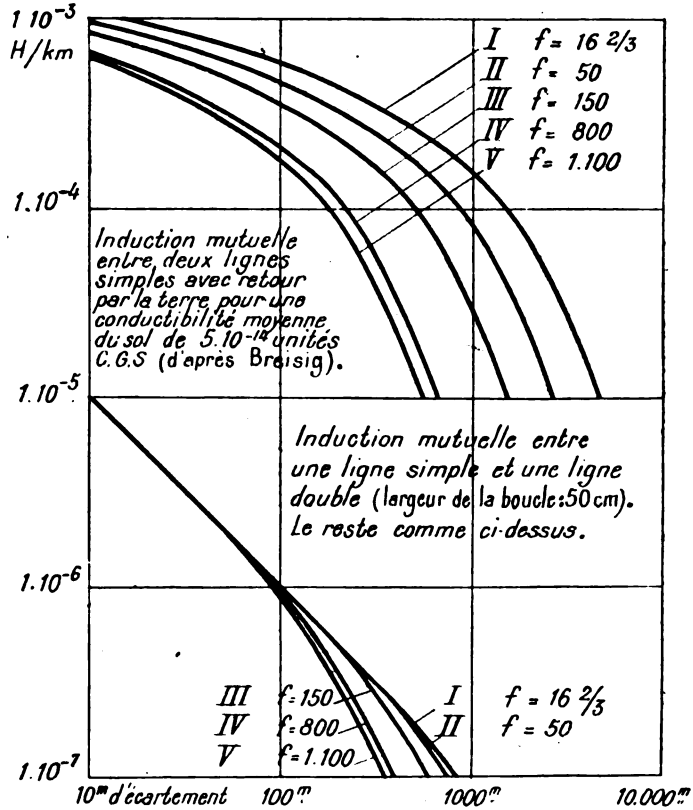


Fig. 11. — Induction mutuelle à différentes fréquences, lorsque la terre sert de conducteur de retour pour une ligne ou pour les deux.

naissant le coefficient de perturbation téléphonique, on peut déterminer la valeur relative en % de la tension à 800 équivalente aux harmoniques d'une génératrice déterminée et par suite prévoir quelle sera la valeur de la tension induite dans un circuit téléphonique donné, pour une certaine intensité du courant inducteur produit par cette génératrice. Évidemment on suppose que l'on connaît la valeur de l'induction mutuelle entre lignes perturbatrice et perturbée.

Digitized by Google

c) **Induction mutuelle.** — Lorsqu'on ne pouvait la mesurer directement, on calculait autrefois l'induction mutuelle en appliquant la formule de Breisig :

$$M = 2l\left(\ln\frac{2l}{d} - q\right)10^{-4} \text{ H/km.}$$

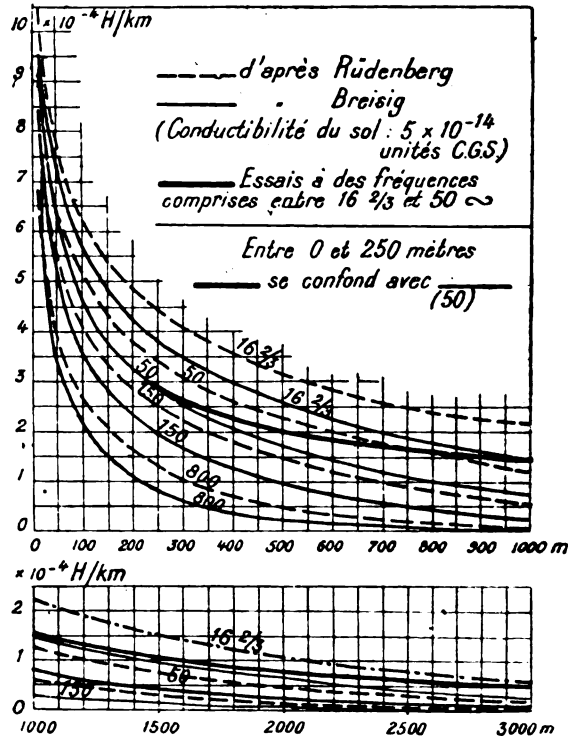


Fig. 12. — Induction mutuelle, calculée d'après les nouvelles formules de Breisig et de Rüdenberg, et mesurée expérimentalement.

Pendant longtemps, on a discuté sur le point de savoir si cette formule était applicable à toutes les fréquences depuis les fréquences industrielles jusqu'aux principales fréquences de la voix ; on doit remercier le professeur Rüdenberg d'avoir réussi à projeter un jour nouveau sur ce problème. Le professeur Breisig a, lui aussi, repris tout récemment l'étude de cette question. D'après les résultats de ses travaux, on a pu calculer les courbes de l'induction mutuelle pour diverses fréquences

Digitized by Google

(fig. 11 et 12). De l'examen de ces courbes, il ressort que, pour les fréquences élevées s'écartant de plus en plus l'une de l'autre, l'induction mutuelle décroît beaucoup plus rapidement qu'aux basses fréquences. D'après les courbes de la figure 11, les inductions mutuelles sont dans le rapport 1/2 pour des fréquences 1100 et 16 2/3 avec un écartement des lignes de 20 mètres; avec un écartement de 500 mètres, le rapport est : 1/20 (en supposant la conductibilité du sol égale à 5×10^{-14} unités CGS).

Conclusions.

D'après ce qui précède, on peut voir qu'il existe encore de nombreux problèmes que les techniciens des courants forts et des courants faibles doivent résoudre; ces problèmes résultent de ce que les lignes de communication ne peuvent être entièrement soustraites à l'influence des lignes à haute tension. Les deux techniques se perfectionneront certainement dans la suite. Du côté des compagnies de distribution d'électricité, on s'efforce de grouper les centrales autour de la source même de l'énergie électrique, et par là de réaliser dans toute l'Allemagne une production et une distribution plus économique de cette énergie. De l'autre côté (celui des administrations téléphoniques), on observe la volonté agissante et tenace, non seulement de ne pas laisser amoindrir la qualité de la transmission, mais mieux de l'amener à un tel degré de perfection qu'elle se prête facilement à l'écoulement du trafic international européen qui, dans un avenir prochain, est appelé à se développer sur une grande échelle.

Les deux techniques sont des éléments indispensables de l'économie nationale. Il est aussi vain de vouloir reconnaître à l'une un droit de priorité sur l'autre qu'il serait vain, dans le corps humain, d'accorder la suprématie au système circulatoire plutôt qu'au système nerveux, ou vice versa. Seules, des études effectuées en commun, après que chacune des parties intéressées aura parfaitement reconnu les conditions d'existence de l'autre, peuvent conduire au but poursuivi : *sauvegarder l'intérêt de la collectivité.*

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE.

Carte des stations radiotélégraphiques, nouvelle série, en 4 feuilles, comprenant : la 1re, l'océan Atlantique du nord (partie orientale) et la Méditerranée ; la 2e l'océan Atlantique du nord (partie occidentale) ; la 3e, les territoires septentrionaux (Groenland, Islande, Norvège, U. R. S. S., et Alaska), l'océan Atlantique du sud et l'océan Indien ; la 4e, l'océan Pacifique. — Berne, Bureau international de l'union télégraphique. — Prix de chaque feuille : 2f,50 suisses (port et emballage compris).

Die Fernsprechanlagen mit Wählerbetrieb (Automatische Telephonie), par Fritz Lubberger, ingénieur principal chez Siemens et Halske ; 3e édition. Munich et Berlin. R. Oldenbourg, éditeur, 1926. 1 vol. gr. in-8° de 277 pages accompagné d'un fascicule de figures. — Prix : broché, 11 marcs ; relié, 13 marcs.

L'ouvrage de F. Lubberger, tout en conservant le même plan général que les éditions précédentes, s'est enrichi de la description des nouveaux systèmes de téléphonie automatique tel que *le strowger à directeur* et le système Ericsson. L'auteur a également reconnu la nécessité de développer plus longuement que précédemment le système « Rotary » de la Bell manufacturing Co d'Anvers. Si l'on ajoute, naturellement, que la description du système Siemens et Halske y est faite par un spécialiste extrêmement compétent, on trouvera dans le livre de F. Lubberger un tableau intéressant de la technique de la téléphonie automatique.

L'auteur a retranché de son ouvrage toutes les questions d'exploitation, qu'il se propose de grouper prochainement dans un ouvrage indépendant, sous le titre de *Die Wirtschaftlichkeit der Fernsprechanlagen für Ortsverkehr*.

Digitized by Google

Notions de technologie, ouvrage conforme au programme d'admission des agents mécaniciens des P.T.T., par Ch. Suchet, ingénieur des Postes et Telégraphes, et H. Sintz, agent mécanicien principal des P.T.T., avec 187 figures, par L. Naud. Paris, édition du *Courrier des examens*, rue Danton, s. d.. 1 vol. in-8° de 136 pages.

La bibliothèque du *Courrier des examens*, qui a déjà publié tant d'ouvrages indispensables pour la préparation aux examens si nombreux et si divers de l'administration des Postes et Télégraphes, vient de s'enrichir d'un nouveau petit précis, bien utile à tous les candidats qui se présentent au concours d'agents mécaniciens ; ce sont des notions de technologie, concernant les diverses opérations que l'ajusteur mécanicien est appelé à faire subir aux métaux sur lesquels il a à travailler, et les divers outils dont il a alors à faire un emploi raisonné. Nous ne saurions trop souligner l'importance de la collaboration d'un ingénieur et d'un mécanicien principal de l'administration, union symbolique de la théorie et de la pratique, qui n'a été si facile que parce que chacun des deux auteurs est un homme complet, également versé dans l'une et dans l'autre, également attentif aux conseils du raisonnement et aux leçons de l'expérience. La rédaction, très soignée, est parfaitement claire, malgré sa concision voulue. Les nombreuses figures, judicieusement choisies, et d'une belle exécution, contribuent sensiblement à la valeur de l'ouvrage, où j'aurais seulement désiré trouver un index alphabétique, la table des matières placée en tête m'ayant paru un peu sommaire quand on considère l'abondance des sujets traités et la multiplicité des renseignements contenus dans ce petit livre. Tel qu'il est, souhaitons-lui toute la vogue qu'il mérite.

J.-B. P.

Fabrication des matières plastiques, origine, transformations, applications, par J. Fritsch, ingénieur-chimiste. Paris, Desforges, Girardot et Cie, 1926. 1 vol. in-8° de 385 pages. Prix 40 francs.

La fabrication des matières plastiques est une industrie relativement nouvelle, tout au moins pour la France car elle a pris de

Digitized by Google

grands développements en Allemagne. Cet ouvrage a donc pour but d'initier nos compatriotes à cette nouvelle branche de l'activité industrielle. Si, en effet, certains spécialistes sont déjà familiarisés avec elle, la grande masse l'ignore, et on est même étonné de rencontrer des ingénieurs et des chimistes, d'ailleurs très avertis sur tout ce qui concerne leurs spécialités, qui n'ont pas la moindre notion sur la bakélite, par exemple.

Cet ouvrage traite de la fabrication des matières plastiques de colle et de gélatine, de bois et de liège artificiels, de cellulose et papier mâché, de nitrocellulose, d'acétylcellulose, de formylcellulose, d'albumine de sang et de caséine, de levure de bière, de résines naturelles (durcies) et synthétiques (bakélite et ses congénères). Un chapitre spécial est consacré à la xylolithe et à d'autres matières pétréides (plâtre, pierres artificielles, marbres artificiels). Le livre se termine par l'énumération descriptive des procédés de fabrication du cuir artificiel.

En somme, l'auteur s'est efforcé de réunir sous un volume restreint le plus grand nombre possible de renseignements théoriques et pratiques. Ce travail intéresse à la fois les industriels et les artisans, qui y trouveront un vaste champ d'information et d'activité féconde. Une table alphabétique, placée à la fin de l'ouvrage, les guidera dans leurs recherches.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

NOV 23 1926

15e ANNÉE. — N° 11. NOVEMBRE 1926. PRIX : 4 fr. 50.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

NOV 24 1926

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS. Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 45 francs. Étranger..... 60 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Guyton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

Le matériel roulant postal (*suite*), par A. Lecoq, rédacteur principal des Postes et Télégraphes..... 917
Sur une formule de révision des prix des marchés, par G. Giral, sous-chef de bureau des Postes et Télégraphes..... 929
L'union internationale de radiotélégraphie scientifique..... 934
Le quadripôle, par L.-J. Collet, ingénieur des Postes et Télégraphes..... 939
Téléphonie automatique : Calcul de la probabilité des mélanges dans une installation Strowger pourvue de chercheurs doubles..... 950
Câblage en étoile et câblage Dieselhorst-Martin..... 955
La quarte J. H., nouveau mode de fabrication du circuit à quatre fils..... 968
Le point de vue économique dans la construction des lignes aériennes..... 974
Service d'études et de recherches techniques. — Méthode proposée pour la localisation de défauts sur les lignes..... 987
Informations. — Les régulateurs de vitesse à force centrifuge.

Digitized by Google

Digitized by Google

LE MATÉRIEL ROULANT DE L'ADMINISTRATION SUR LES GRANDES LIGNES DE CHEMINS DE FER,

Par A. LECOQ,
Rédacteur principal des Postes et Télégraphes.

(*Suite.*)

Le wagon métallique de 20 mètres.

En décidant de mettre à l'étude, puis de faire construire les wagons-poste métalliques, l'administration s'est proposée, à l'occasion de l'extension de son matériel roulant, d'améliorer les conditions de sécurité, d'hygiène, de bien-être et les facilités de travail de ses services ambulants.

Le wagon-poste de 18 mètres avait marqué un important progrès sur celui de 14 mètres à 2 ou 3 essieux, le montage sur bogies amoindrissant notablement les trépidations et la fatigue qui en résulte.

La mise en service pendant quelques semaines, entre Paris et Lyon, d'une première voiture métallique de 20 mètres permet de comparer le nouveau wagon-poste avec le wagon de 18 mètres en bois et d'apprécier dans quelle mesure une nouvelle étape vers le mieux a été franchie, aux divers points de vue examinés ci-dessous.

Sécurité. — A cet égard, une voiture de chemin de fer doit :

1° Permettre aux occupants, qu'un danger local menace, d'obtenir rapidement l'arrêt en donnant l'alarme : le wagon-poste de 18 mètres ne comportait qu'une ou deux poignées d'appel, disposées à des endroits différents selon le réseau d'attache du véhicule. Sur le wagon-poste de 20 mètres, quatre poignées d'appel ont été placées : deux au milieu et deux aux

Digitized by Google

extrémités du bureau de tri et de chaque côté symétriquement.

2° Permettre aux occupants une évacuation relativement facile en cas d'accident : il convient de supposer que, dans un choc très violent, les extrémités des voitures où se trouvent les portes peuvent être faussées et les dégagements normaux impraticables. C'est sur les baies des côtés que l'on doit alors compter pour le sauvetage. Dans ce but, en 1912-1913, les baies centrales de tous les wagons-poste de 18 mètres ont été portées de 52 à 65 centimètres. Cette largeur a été maintenue dans les wagons-poste de 20 mètres et étendue aux quatre baies extrêmes. Notons que les baies de lanterneau, qui ont $34^{cm} \times 69^{cm}$, peuvent à la rigueur servir à l'évacuation, notamment dans le cas particulier où le véhicule se trouverait renversé sur le côté.

3° Offrir une résistance suffisante aux chocs qui résultent des accidents de circulation ; deux cas sont à considérer : le tamponnement et la prise en écharpe. Dans les *tamponnements*, les extrémités du wagon-poste de 18 mètres étaient toujours avariées ; dans certains cas, l'écrasement est allé jusqu'aux traverses supportant le pivot du bogie. Le wagon-poste de 20 mètres peut amortir la force vive d'un train lancé à grande vitesse dans de bien meilleures conditions, en raison de la forte et plus rationnelle constitution des extrémités de châssis et de l'ossature métallique de la caisse ; on peut ainsi espérer qu'en aucun cas les extrémités ne seront détruites sur plus d'un mètre de longueur ; il sera très rare, dans ces conditions, que le personnel ambulant ne soit pas sain et sauf. Dans le cas de *prise en écharpe*, cas heureusement très rare, un écrasement, des plus dangereux pour les occupants du wagon de 18 mètres, était toujours à redouter. La résistance très supérieure du wagon métallique permet d'espérer que les dégâts seraient relativement limités. Au surplus, cette résistance même doit avoir pour corollaire un déplacement latéral de la voiture prise de biais, déplacement qui semble devoir atténuer notablement l'effet de déformation, l'effet d'écrasement.

4° Être garantie contre l'incendie : sur ce point, la nature

Digitized by Google

de la construction nouvelle donne toute sécurité, et toute comparaison devient superflue. Il n'y a plus à craindre que l'incendie des sacs et objets de correspondance. Dans cette éventualité, les deux extincteurs doivent suffire pour parer au danger, les occupants ayant en outre la ressource de l'alarme et, en attendant l'arrêt, de s'isoler dans une partie non atteinte par le feu, sur l'une des plates-formes, par exemple.

Pour résumer, nous exprimons l'opinion que, dans les nouveaux wagons-poste, la sécurité du personnel est mieux assurée que dans les wagons-poste des constructions antérieures.

Hygiène et bien-être. — Le supplément d'hygiène proprement dit qui a été escompté dans le wagon-poste de 20 mètres réside dans les facilités d'enlèvement des poussières en se servant d'un chiffon ou d'une toile humide. La constitution du mobilier permet la chute de ces poussières sur le plancher; celui-ci est fait de terrazolith, qui a remplacé le bois et le linoléum. Enfin l'emploi de tapis à claire-voie en caoutchouc, qui à cet égard seraient bien préférables aux tapis-brosses en fibre de coco, a été tenté.

En ce qui concerne le bien-être, il convient au préalable de remarquer que le wagon-poste est une voiture où l'on travaille, et où l'on travaille presque toujours debout. Par suite, les conditions de confort y sont assez différentes de celles des voitures à voyageurs, où l'on séjourne vêtu à son gré, dans la position assise ou couchée. Il importe en conséquence que les wagons-poste soient établis avec les agencements suivants :

une excellente suspension,
un bon éclairage,
un chauffage régulier,
une aération suffisante sans courants d'air,
un compartiment de toilette propre et bien disposé,
des sièges pour les repos momentanés.

a) *Suspension.* — Nous avons parlé précédemment de la suspension à bogie, qui a été l'un des principaux avantages du wagon-poste de 18 mètres. Or, si l'on prend place successive-

Digitized by Google

ment dans un de ces wagons-poste, puis dans un wagon-poste de 20 mètres, on constate sur ce dernier une sensible amélioration dans la stabilité de la caisse. Les oscillations verticales rapides et de faible amplitude, bien connues sous le nom de trépidations, qui sont si fatigantes pour le personnel, ont presque totalement disparu. Cette très appréciable qualité doit être le résultat :

1° d'un excellent montage du bogie sur des ressorts bien appropriés à leur fonction ;

2° de la rigidité de la caisse, qui ne vibre plus par effet de flexion ;

3° du poids notable de l'ensemble : son inertie étant plus grande, les mouvements imprimés à la voiture par les dénivellations et les coupures des rails sont mieux interceptés, mieux absorbés par le système de suspension.

b) *Éclairage.* — Rien de particulier ne serait à signaler sur ce point, l'éclairage des wagons-poste par système autogène individuel étant devenu en général très satisfaisant. Il y a lieu de mentionner cependant que les wagons-poste de 20 mètres ont été pourvus d'un générateur puissant de 1.800 watts et d'une batterie double d'une capacité totale de 260 ampères-heure pouvant assurer l'éclairage de la voiture pendant 10 heures consécutives.

Un agencement particulier a en outre été ajouté à l'installation. Il s'agit d'une canalisation qui, établie sur toute la longueur du véhicule, se termine sur ses extrémités par un câble avec coupleurs permettant la liaison des véhicules entre eux. A l'intérieur de la voiture, la canalisation passe par un combinateur à trois positions.

Dans la position 1, la canalisation est absolument indépendante de l'équipement individuel de la voiture, mais une dérivation avec interrupteur permet de la rattacher à un *deuxième circuit d'éclairage* comportant quelques lampes de forte intensité lumineuse. Dans les gares où le wagon-poste a un stationnement très prolongé, il peut ainsi être éclairé par le courant du secteur local de la gare ; de cette manière, la réserve d'énergie

Digitized by Google

que contient la batterie se trouve ménagée. Pendant la route, le deuxième circuit d'éclairage est isolé, et la position 1 du combinateur permet de relier électriquement entre elles les voitures qui précèdent et celles qui suivent le wagon-poste considéré, l'équipement de celui-ci étant alors indépendant.

Dans la position 2, dite « donne-secours », une liaison est établie entre la canalisation et les générateurs d'électricité de l'équipement, de manière à fournir l'éclairage à telle autre voiture de la rame qui en demande.

Dans la position 3, dite « reçoit-secours », la canalisation est rattachée au circuit d'éclairage à 24 volts de l'équipement normal. C'est le cas où, la partie de l'équipement qui comprend les générateurs de courant (dynamo et batterie) étant défectueuse, cette partie doit être isolée. L'énergie est alors fournie par le ou les véhicules voisins.

Dès que les agencements décrits ci-dessus seront généralisés, les bureaux ambulants ne connaîtront plus la panne de lumière, si désagréable et si préjudiciable au service.

c) *Chauffage.* — C'est le chauffage par la vapeur, du système agréé par l'Office central d'études et par tous les réseaux, qui a été installé. Antérieurement, chaque wagon-poste était muni du système de chauffage à vapeur particulier à son réseau d'affectation. Il y a d'ailleurs plusieurs cas d'utilisation de systèmes différents sur le même réseau, *l'un venant détrôner l'autre à quelques années seulement d'intervalle.* On peut déduire de cet état de choses une indication que le chauffage des voiture de chemins de fer se trouve encore dans une période d'évolution. On reproche souvent au chauffage par la vapeur son irrégularité, la température étant tantôt trop élevée, tantôt insuffisante. Si les voyageurs peuvent assez bien se garantir contre les excès et les variations de la température, il n'en est pas de même pour les agents des services ambulants, qui ont, soit un travail actif, soit une immobilité relative, et ne peuvent songer à se vêtir et dévêtir à tout instant, selon l'intensité du travail d'une part, et selon la température ambiante d'autre part. Il importerait donc d'obtenir dans les wagons-poste une température très régulière. Mais

Digitized by Google

il faut encore compter avec le fait que l'arrivée de la vapeur dans les voitures est tantôt faible et tantôt abondante, malgré les systèmes régulateurs d'admission. Il arrive aussi qu'elle fait complètement défaut pendant quelques instants. Avec des radiateurs à vapeur, l'insuffisance de pression, le manque de vapeur se répercute rapidement sur la température. Ce mal est sans remède. On se garantit mieux contre l'excès contraire en fermant un ou plusieurs radiateurs.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas douteux qu'un système utilisant une masse d'eau comme intermédiaire qui emmagasine, transporte et distribue la chaleur à l'intérieur des wagons-poste (c'est le cas pour le système Irle) donne une température plus douce et plus régulière. Nul autre corps ne saurait remplir le même office que l'eau, en raison de sa chaleur spécifique. Il n'y a, à notre avis, que deux obstacles à ce système : le gel et les difficultés d'entretien d'appareils, nécessairement plus complexes que ceux des systèmes à vapeur seule ; si, d'une expérimentation qui est en cours, il résulte que ces obstacles soient vaincus, ou même si l'on peut s'accommoder de certains inconvénients, un système de l'espèce s'impose sur le wagon-poste métallique plus que sur tout autre, en raison de sa nature et de sa grande surface de refroidissement.

d) *Aération.* — Dans une étude faite vers 1912 sur l'aération des bureaux ambulants, les docteurs Macé et Imbeaux estimaient que l'échange de l'air devait se faire à raison de 36 mètres cubes par heure et par agent. Dans un grand wagon-poste, il faut compter sur la présence simultanée d'au moins dix agents, donc sur la nécessité d'évacuer 360 mètres cubes par heure. Les anciens wagons-poste sont pourvus, sur les côtés du lanterneau, de deux ventilateurs et de quatre châssis de glace pivotants. Il serait très difficile de mesurer le rendement de ces dispositifs, rendement qui varie avec la vitesse et la direction du vent. Un vent transversal, par exemple, occasionne, près de la base du lanterneau, un courant d'air sur la tête, qui incommode les agents. Dans les wagons-postes de 18 mètres, les portes et les glaces de côté ne sont pas très join-

Digitized by Google

tives et un courant d'air s'y amorce dans le sens opposé à la marche du convoi. Cet inconvénient n'existe plus dans les voitures métalliques. Une aération rationnelle y a été recherchée en agissant sur la couche d'air la plus élevée, celle qui avoisine le plafond du lanterneau. Si le résultat des premières expériences est confirmé, les deux appareils installés (aspirateurs Irle) donneraient le débit qui a été indiqué (360 mètres cubes), à partir de la vitesse de 40 kilomètres à l'heure, et c'est en stationnement seulement et par temps chaud surtout que l'aération pourrait paraître insuffisante.

e) *Compartiment de toilette.* — Dans le wagon-poste de 20 mètres, ce compartiment est mieux à la portée du personnel que dans les wagons-poste de 18 mètres, où l'on doit s'y rendre en traversant une plateforme toujours très encombrée par les sacs de correspondance. L'aménagement qui, sur tous les points, est à peu près identique à celui des compartiments de toilette des voitures à voyageurs, est également plus satisfaisant.

f) *Sièges pour les repos momentanés.* — En dehors des sièges transportables, des planches coulissantes avaient été demandées et installées sur les wagon-poste de 14 et de 18 mètres. Une amélioration de ces sièges a été tentée, par l'adjonction au système coulissant d'un coussin à ressorts recouvert de moleskine. Il semble que, sur ce point, les recherches pour le mieux doivent être poursuivies.

g) *Étanchéité des toitures à lanterneau.* — Après avoir examiné les points se rapportant au confort, nous ne croyons pas devoir passer sous silence la question de l'étanchéité des toitures à lanterneau.

Une des critiques les plus sérieuses, en effet, et *une des plus justifiées*, que l'on ait adressées à l'ancien matériel, au wagon-poste de 18 mètres en particulier, c'est le défaut d'étanchéité de la toiture à lanterneau. Pour y remédier, des essais relativement nombreux ont été faits, sans qu'aucun d'eux ait conduit au résultat désiré. Et cependant l'étanchéité devrait être absolue, car il suffit d'une fissure, imperceptible même, pour qu'une flaque d'eau s'amasse en quelques instants, soit

Digitized by Google

dans les casiers, soit sur les tables de tri, ce qui est incompatible avec l'existence des correspondances en ces points. En dehors du réel désagrément causé aux agents, l'eau compromet l'état des objets et le secret des lettres, puisqu'elle décolle les enveloppes qui en sont la garantie. On se représente facilement qu'un tel défaut est, pour les voitures postales, grave et même intolérable.

Cependant nous pensons que l'étanchéité durable est pratiquement irréalisable dans les wagons-poste à lanterneau construits en bois, mais que, pour les raisons développées ci-dessous, le wagon métallique sera à cet égard beaucoup plus satisfaisant.

La structure du pavillon avec lanterneau en bois se compose de pièces assemblées soit par tenons et mortaises, soit par rainures, avec clous, vis, ou boulons. Mais le bois offre l'inconvénient de se dilater ou contracter, selon l'état hygrométrique de l'air et par conséquent selon la température.

Il en résulte que les pièces de bois voisines, tantôt se rapprochent, tantôt s'éloignent l'une de l'autre : les rainures s'ouvrent et se ferment alternativement, les tenons jouent dans les mortaises. Les voitures étant souples au lieu de former poutre tubulaire rigide, il se produit, d'une part, des flexions et des mouvements permanents pendant la route, et d'autre part, des mouvements notables tendant à la dislocation des assemblages sous les chocs quelquefois très violents des manœuvres. C'est donc sur une base composée d'éléments qui, les uns par rapport aux autres, sont animés de mouvements divers dont certains sont quasi permanents, qu'il est nécessaire de fixer d'autres éléments constituant la couverture et une partie transparente de grande surface composée de 36 ou de 38 glaces.

La couverture métallique, qui a été longtemps employée, n'a pas donné de bons résultats. Elle tend à disparaître partout. Les feuilles de cuivre ou de zinc devaient d'abord subir les mêmes mouvements que leurs points de fixation, mais elles subissaient en outre les effets de dilatation inhérents à leur nature. Or, particularité importante, *c'est par temps chaud que*

Digitized by Google

la dilatation des métaux est maximum, alors que, pour la base d'attache (le bois), c'est au contraire l'effet de contraction qui est maximum à ce moment. Il était par suite désirable que chaque feuille métallique fût de dimensions relativement faibles, qu'elle ne fût fixée qu'en son milieu, et que, sans créer aucune possibilité d'infiltration, elle fût rattachée à ses voisines en conservant, comme celles-ci, la possibilité de se dilater et contracter librement. C'est ce qui a été réalisé dans le système de l'agrafage, dont la figure 1 donne une idée.

Ce système est toutefois resté inapplicable sur le pourtour

Fig. 1.

des glaces de lanterneau. A cet endroit il devient nécessaire de fixer les feuilles métalliques par leur bord sur des pièces de bois différentes. C'est là que le bois et le métal font mauvais ménage. Des tiraillements en plusieurs sens se produisent, avec les différences entre la température du jour et celle de la nuit, entre celle de l'hiver et celle de l'été, et il est bien rare qu'au bout d'un an il n'y ait pas d'infiltrations par la base du lanterneau. Les points de fixation cèdent, les feuilles métalliques se déchirent, le mastic des vitres n'adhère plus. Ces effets sont constatés sur du matériel à l'état neuf et *a fortiori*, cela va sans dire, sur celui dont l'état fibreux ou moléculaire du bois a été altéré par les agents physiques et par le travail pendant dix, quinze ans et plus de service.

Il ne faut donc pas être trop surpris du défaut général d'étanchéité que présentent les wagons-poste de 18 mètres.

Une amélioration notable a été obtenue en remplaçant la couverture métallique par de la toile de bonne qualité enduite d'un composé d'huile de lin et de noir de fumée dans le rapport de 9 à 1. La souplesse est la qualité essentielle de cette toile. Son bas prix, rapporté à ceux du cuivre et du zinc, la facilité avec laquelle elle peut être appliquée ou réparée, ont fait qu'elle

Digitized by Google

est partout employée aujourd'hui pour la couverture des voitures de chemins de fer avec caisse de bois. Elle a l'inconvénient de se percer ou de se déchirer au contact d'un objet métallique intérieur (clou ou vis) ou extérieur (choc ou frottement accidentel). Mais la réparation est aisée et, avec des réenductions périodiques, sa durée peut atteindre dix ans.

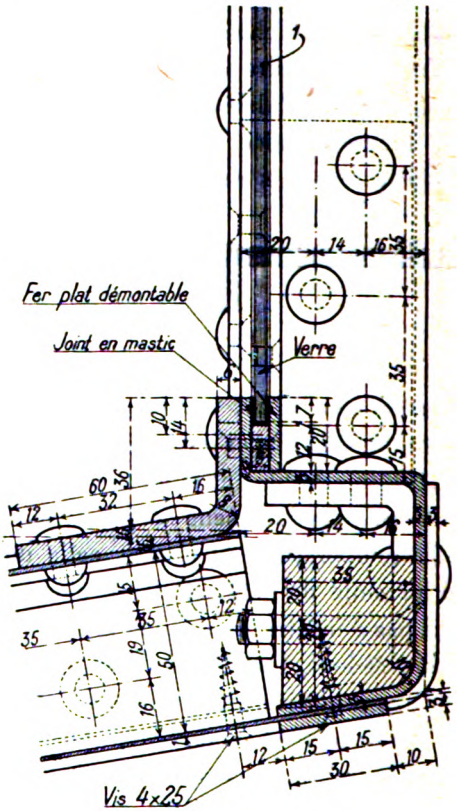


Fig. 2.

Dans la construction métallique, la couverture est constituée par des feuilles de tôle dont les bords sont recouverts par des couvre-joints. Le tout est assujetti à l'ossature métallique par des rivets assez rapprochés. L'étanchéité peut ici être obtenue comme dans les chaudières et réservoirs en tôle que tout le monde connaît. La peinture vient obstruer les derniers inters-

Digitized by Google

tices s'il y en a. Toutes les parties étant de même nature (du fer), ayant en conséquence le même coefficient de dilatation, la fixité relative de toute pièce par rapport aux autres est complète, et nous savons que l'ensemble est rigide. Voilà de bonnes garanties d'étanchéité immédiate et future. Il semble que nous n'ayons plus à redouter que les perforations accidentelles et l'oxydation, cette dernière étant une raison de plus de veiller à l'étanchéité dans cette construction, à l'égard de laquelle l'oxydation est particulièrement redoutable.

Il reste un point délicat, commun avec le lanterneau en bois. C'est le montage des vitres. La figure 2 montre comment il est réalisé. La vitre est insérée sur son périmètre dans une rainure métallique en U, un des côtés de l'U étant rendu démontable. Le remplissage étanche entre le verre et le fer dans l'U se fait avec le mastic ordinaire de vitrier, fait de blanc de Meudon et d'huile de lin, auquel on mélange à froid 4 % de suif. On obtient ainsi une pâte d'un emploi facile, qui remplit bien son rôle, et qui aurait le grand avantage de conserver pendant plusieurs années une malléabilité suffisante pour que le verre et l'encadrement métallique qui l'emprisonne conservent une indépendance relative sans qu'aucune fissure se produise dans la matière interposée.

Facilités de travail. — La conception du wagon-poste de 18 mètres remonte à 25 ans environ. A cette époque, les imprimés, les journaux, et les échantillons étaient loin d'avoir le développement que nous leur connaissons. Les paquets-lettres n'existaient pas. Les extrémités de cette voiture avaient été étudiés de manière à réserver le passage et un emplacement réduit pour entreposer un petit volume de dépêches, 1 mètre cube au plus par plateforme. D'année en année, les objets ayant augmenté en nombre et en dimensions, l'emplacement disponible pour le dépôt des sacs est devenu absolument insuffisant. La plupart des services ambulants ont été amenés à remplir les plateformes au point de ne plus ménager qu'un très étroit passage, puis à encombrer de sacs le bureau de tri lui-même.

Digitized by Google

Les dispositions de ce dernier, telles qu'elles existent dans le matériel de 18 mètres, ne donnent pas lieu à observations. Elles ont, en conséquence, été conservées dans le nouveau matériel, et le supplément d'espace qui correspond à une augmentation de longueur de $2^m,24$ a été partagé entre les deux extrémités. Les nouvelles plateformes peuvent ainsi recevoir chacune 4 mètres cubes de dépêches, les passages nécessaires en regard des portes d'accès et des portes d'intercirculation étant réservés. Il n'est pas douteux que les services d'exploitation apprécieront cette amélioration, depuis longtemps réclamée.

Voici un nouveau type de voiture postale jeté sur le rail. L'œuvre sans doute n'est pas parfaite. Elles est livrée aux services postaux d'une part, aux services de chemins de fer d'autre part. Ils vont être mis à même de faire connaître les points sur lesquels il y aura lieu d'apporter des retouches, pour que les constructions suivantes répondent aussi parfaitement que possible aux besoins et satisfassent aux désiderata du personnel appelé à y prendre place pour l'acheminement rapide des correspondances.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

SUR UNE FORMULE DE RÉVISION DES PRIX DES MARCHÉS,

Par G. GIRAL,
Sous-chef de bureau des Postes et Télégraphes.

L'instabilité des conditions économiques actuelles et les fluctuations que subit notre unité monétaire conduisent les personnes qui s'engagent par un contrat d'une certaine durée à introduire dans leurs conventions une clause spéciale appelée, selon le cas, clause de variations économiques, clause de redressement des prix, clause de révision, etc...

Nous voulons exposer simplement le fondement logique d'une formule couramment admise tant dans les contrats privés que dans les marchés passés par les services publics.

Soient :

P le prix de vente d'un produit (ou le coût d'une prestation) porté au marché au moment de la conclusion de ce dernier;

M le prix d'évaluation des matières premières entrant dans la confection du produit (ou consommées au cours de la prestation);

S le montant des salaires représentant la main-d'œuvre incorporée au produit dont il s'agit;

F la part de frais généraux;

B le bénéfice qu'entend réaliser le vendeur ou constructeur.

Nous limitons le problème à ses données essentielles pour ne pas compliquer l'exposition. On a ainsi :

$$P = M + S + F + B. \qquad (1)$$

Les contractants savent, d'après les résultats de fabrications antérieures, ou tout au moins conviennent, que les fractions du prix total P représentées par les divers éléments de ce prix sont :

μ pour les matières, de telle sorte que $M = \mu P$;

σ pour les salaires, de telle sorte que $S = \sigma P$;

Digitized by Google

φ pour les frais généraux, de telle sorte que $F = \varphi P$;

β pour les bénéfices, de telle sorte que $B = \beta P$.

Par exemple, si, dans tel produit fabriqué, les salaires entrent pour 30 % du prix de vente, on posera : $\sigma = 0{,}30$.

Portant ces diverses valeurs dans la formule (1), on voit que l'on a, entre les coefficients, la relation :

$$\mu + \sigma + \varphi + \beta = 1. \qquad (2)$$

La situation économique étant instable, nous supposons que l'index des matières premières varie, ainsi que celui des salaires. Au début du marché, l'index des matières était m ; pendant une certaine période, au cours de l'exécution du marché, entre les époques t et t', sa valeur moyenne est devenue m' ; pareillement, l'index des salaires est passé de la valeur initiale s à la valeur moyenne s' ; de sorte que les éléments du prix de vente, qui étaient estimés M, S, F et B, ont été, en réalité, M', S', F et B (F et B étant supposés fixes). Le prix à payer par l'acheteur ne sera donc pas P mais P', tel que :

$$P' = M' + S' + F + B. \qquad (3)$$

D'après la signification même de l'index et son mode de détermination, on a les proportions :

$$\frac{M'}{M} = \frac{m'}{m}, \qquad \frac{S'}{S} = \frac{s'}{s}.$$

Par suite, la relation (3) devient :

$$P' = M\frac{m'}{m} + S\frac{s'}{s} + F + B. \qquad (4)$$

Or l'identité

$$P' = P + P' - P$$

permet d'écrire, successivement :

$$P' = P + M\frac{m'}{m} + S\frac{s'}{s} + F + B - M - S - F - B =$$

$$= P + M\left(\frac{m'}{m} - 1\right) + S\left(\frac{s'}{s} - 1\right);$$

ou, en remplaçant M par μP et S par σP :

$$P' = P + P\mu\frac{m' - m}{m} + P\sigma\frac{s' - s}{s};$$

Digitized by Google

et finalement :

$$P' = P\left(1 + \mu\,\frac{m' - m}{m} + \sigma\,\frac{s' - s}{s}\right). \qquad (5)$$

Telle est la relation qui lie le prix P' à payer par l'acheteur, au prix P porté au marché.

Exemples. — 1° Supposons que le prix d'un produit ouvré soit influencé principalement par le taux du cuivre et par le taux des salaires ; soit un marché de 100.000 francs.

On a :

$P = 100.000$,
$\mu = 0{,}20$,
$m = 1.400$,
$m' = 1.600$,
$\sigma = 0{,}3$,
$s = 440$,
$s' = 500$.

Le prix à payer réellement sera alors :

$$P' = 100.000\left(1 + 0{,}2 \cdot \frac{1.600 - 1.400}{1.400} + 0{,}3 \cdot \frac{500 - 440}{440}\right) =$$

$$= 100.000\left(1 + \frac{0{,}4}{14} + \frac{0{,}3 \times 3}{22}\right) = 100.000 \times 1{,}069 = 106.900^{f}.$$

2° L'administration des Postes, Télégraphes et Téléphones introduit, dans ses marchés de transports de dépêches postales, une clause de révision qui est ainsi libellée en ce qui concerne les voitures d'une puissance supérieure à 18 chevaux :

« Le prix du marché sera augmenté ou diminué suivant les variations qui auront pu survenir dans le cours du carburant et des pneumatiques et le taux des salaires des conducteurs d'automobiles. Le pourcentage de variation dont sera affecté ce prix résultera de l'application de la formule suivante :

$$N\,\% = \frac{24\,E\,\% + 26\,P\,\% + 15\,C\,\%}{100},$$

dans laquelle :

« $E\,\%$ représente le pourcentage de variation du prix de l'hectolitre d'essence poids lourd ;

Digitized by Google

« P % le pourcentage de variation du prix du pneumatique complet (enveloppe et chambre) ;

« C % le pourcentage de variation du taux normal et courant du salaire des conducteurs d'automobiles, payé dans la région où s'effectue le service. »

Avec nos notations, nous aurions la formule :

$$\text{nouveau prix} = \text{prix actuel}\left(1+0{,}24\cdot\frac{e'-e}{e}+0{,}26\cdot\frac{p'-p}{p}+\right.$$
$$\left.+0{,}15\cdot\frac{s'-s}{s}\right)$$

qui, s'appliquant à un marché de 40.000 francs, avec des taux de variations :

$$\frac{e'-e}{e}=\frac{178-170}{170}=0{,}0475,$$
$$\frac{p'-p}{p}=\frac{1.174-994}{994}=0{,}1815,$$
$$\frac{s'-s}{s}=\frac{30-27}{27}=0{,}1111,$$

donnerait :

$$\text{nouveau prix} = 40.000\,(1+0{,}24\times0{,}0475+0{,}26\times0{,}1815+$$
$$+0{,}15\times0{,}1111)=40.000\times1{,}075255$$

ou, en arrondissant,

$$\text{nouveau prix} = 40.000\times1{,}0755=43.020 \text{ francs.}$$

Généralisation de la formule. — La formule (5), que nous avons établie, peut se généraliser. Il est possible, en effet, de scinder les éléments M, S, et surtout F, en diverses parties, en leur appliquant un coefficient propre (pourcentage de prix de vente) et en faisant choix d'un index convenable, i, dont on suivra les fluctuations.

On a, d'une manière générale :

$$P'=P\left[1+\sum\left(\alpha\cdot\frac{i'-i}{i}\right)\right], \qquad (6)$$

avec

$$\sum\alpha\leqq1.$$

Digitized by Google

Cette formule est assez souple pour se plier à toutes les situations et répondre à toutes les exigences des contrats (on peut même l'utiliser pour la constitution des index composés); mais il est évident qu'elle ne sera d'une application pratique, pour les liquidations de prix, que si on limite le nombre des quantités placées sous le signe Σ. On aura même avantage, à cet égard, à faire dépendre d'un index déterminé, par exemple l'index des salaires, un ensemble de frais : salaires proprement dits, traitements d'ingénieurs, frais généraux d'usine, etc..., qui ont, avec les salaires, des rapports plus ou moins directs ou des variations parallèles : c'est affaire de convention.

Digitized by Google

L'UNION INTERNATIONALE DE RADIOTÉLÉGRAPHIE SCIENTIFIQUE.

I. Son origine, son organisation, ses buts.

L'étude des phénomènes qui constituent la propagation des ondes radiotélégraphiques n'est pas de celles qui peuvent être exécutées par un seul physicien dans son laboratoire : elle nécessite la collaboration de nombreux expérimentateurs et exige un très grand champ d'expériences.

C'est ce qui avait amené en 1913 un certain nombre de spécialistes de la radiotélégraphie, à la suite d'une réunion tenue à Bruxelles, et à laquelle assistaient des représentants des principaux pays d'Europe, à fonder un *Comité international de radiotélégraphie scientifique*, dont le but était d'organiser des études sur la propagation des ondes hertziennes.

La guerre vint arrêter tous les efforts. Mais, lorsqu'en juillet 1919 les représentants des sociétés savantes de divers pays se réunirent pour constituer le *Conseil international des recherches*, ils envisagèrent la création d'une *Union internationale de radiotélégraphie scientifique* et trouvèrent immédiatement, dans les membres de l'ancien Comité international, les éléments de cette création.

Le but de l'Union internationale est (nous reproduisons le texte de ses statuts) « de susciter et d'organiser les recherches nécessitant une coopération internationale et de permettre la discussion de ces recherches ».

Le plus important des problèmes envisagés par l'Union est celui de la propagation des ondes radiotélégraphiques et de la détermination des principaux facteurs pouvant influer sur cette propagation.

Une autre question s'imposait également à l'attention des

Digitized by Google

membres de l'Union, celle des perturbations atmosphériques, toute donnée sur la nature de ces perturbations étant susceptible de fournir des renseignements précieux, tant pour la pratique industrielle de la radiotélégraphie que pour la physique du globe et la météorologie. Aussi, dans une de ses premières assemblées générales, l'Union indiquait-elle le programme de recherches suivant :

1° Direction prédominante d'où semblent venir les troubles atmosphériques ;

2° Intensité des troubles ;

3° Valeur et simultanéité des troubles en différentes stations ;

4° Distinction entre les divers types de troubles en ce qui concerne la direction, la simultanéité aux diverses stations, la simultanéité de leur réception sur des circuits accordés à diverses fréquences.

Étant donné le grand nombre d'observateurs nécessaires, pour de semblables recherches, l'Union cherche toujours à étendre le nombre de ses collaborateurs en faisant appel à des amateurs éclairés et consciencieux.

De plus, les diverses observations ne peuvent être comparables entre elles qu'autant que les procédés de mesure le sont eux-mêmes. Ce sont ces considérations qui amenèrent l'Union, à son assemblée générale de juillet 1922, à créer quatre commissions :

1° Commission pour l'étude des procédés de mesure; président : M. Abraham (France);

2° Commission pour l'étude des phénomènes de propagation ; président : M. Austin (États-Unis) ;

3° Commission pour l'étude des perturbations atmosphériques ; président : M. Eccles (Grande-Bretagne) ;

4° Commission de liaison avec les amateurs ; président : M. Vanni (Italie).

II. L'organisation des travaux. Les premières recherches.

Ce fut le Comité national français qui prit l'initiative d'émissions se prêtant facilement à des mesures à la réception,

Digitized by Google

émissions connues sous le nom de signaux U. R. S. I.. Dès l'origine (1922), à l'heure indiquée, le poste émetteur transmettait pendant une minute les lettres U.R.S.I., son indicatif, et deux nombres, le premier se rapportant à la longueur d'onde, le second à l'intensité dans l'antenne pour l'émission de la veille. Il faisait ensuite un trait continu de deux minutes.

Les postes français faisant des émissions U.R.S.I. étaient :

1° le poste militaire de la tour Eiffel (indicatif : F.L.) ;

2° le poste de la marine nationale à Basses-Landes près de Nantes (indicatif : U. A.) ;

3° le poste Lafayette de l'administration des postes et télégraphes, situé à Croix-d'Hins près de Bordeaux.

Ces diverses émissions étaient faites sur des ondes longues, (ondes de plusieurs milliers de mètres).

C'est, par la suite, dans le domaine des ondes courtes (49 mètres, 90 mètres, etc...) que l'on a jugé le plus intéressant de faire évoluer les recherches organisées en France : c'est l'Office national météorologique qui s'est chargé du soin de préparer les programmes d'essais, de coordonner les renseignements fournis par les amateurs, et d'essayer d'en dégager des résultats (M. R. Bureau).

En ce moment, les études portent plus spécialement sur les conditions de propagation *a*) le matin, *b*) au milieu de la journée, et *c*) le soir, des ondes de 51 mètres et au dessous (40^{m} et 32^{m}). Chaque essai débute par une émission sur une « onde guide » reconnue comme favorable à une bonne transmission à l'heure indiquée. Les correspondants fournissent un graphique d'écoute représentant l'allure générale de l'audition et les variations d'ensemble. Les émetteurs sont recrutés parmi des amateurs bénévoles et consciencieux.

Influence de la distance sur la réception. — Aux distances inférieures à 900 kilomètres, on constate une extinction de nuit et une réapparition aux environs du lever du soleil.

Aux distances supérieures à 1.500 kilomètres, le jour amènerait une extinction de l'onde.

Il est bien entendu que de telles conclusions sont toutes

Digitized by Google

provisoires. Leur intérêt réside dans leur simplicité, ce qui aide à retenir facilement par cœur l'allure générale des résultats.

En dehors de ce fait, qui paraît indiquer qu'on a affaire à deux allures distinctes des phénomènes au-dessous de 900 et au delà de 1.500 kilomètres, on peut essayer d'avoir quelques clartés sur l'influence de la distance en comparant les intensités moyennes en un même poste récepteur pour différents postes émetteurs à peu près à la même heure. L'avantage de cette méthode est que l'on compare entre elles les notations d'un même opérateur. On compare donc des échelles à peu près identiques. Par contre, on introduit une cause d'erreur, car les émissions des différents émetteurs n'ont pas lieu exactement à la même heure. On le fera cependant, car on ne cherche encore que quelques indications destinées à nous guider dans les recherches futures.

Aux environs de 8 heures, la moyenne des intensités de réception est la suivante :

			Distances :
Argentan reçoit	Paris	$r = 6,2$	180 km
	Annecy	$r = 2,4$	580
Romorantin reçoit	Paris	$r = 7,5$	180
	Annecy	$r = 6,5$	380
Mantallot reçoit	Paris	$r = 6$	420
	Annecy	$r = 3$	800
Langres reçoit	Paris	$r = 7$	240
	Annecy	$r = 7$	240.

Malgré la grossièreté du mode de notation des intensités, il est curieux de noter que, dans chaque groupe de réceptions dans un poste donné, les intensités de réception sont à peu près proportionnelles à la distance. Il est donc à peu près certain que, à ce moment, l'intensité décroît quand la distance augmente. Ceci confirme donc encore le fait, indiqué ci-dessus, qu'à plus de 1.500 kilomètres le jour amène une extinction de l'onde.

Aurore boréale et orage magnétique. — Un orage magnétique très intense a été observé en France dans l'après-midi et

Digitized by Google

dans la nuit. Une aurore boréale a été observée en divers points en France dans la même nuit. Il ne semble pas qu'il en soit résulté un trouble quelconque dans les émissions du lendemain matin.

Des auteurs américains (Espenschied, Andersen, et Bailey) ont signalé que les orages magnétiques agiraient sur la propagation des ondes longues en perturbant pour plusieurs journées la variation diurne de l'intensité (ondes de l'ordre de 5.000 m.). Ce phénomène ne paraît pas s'être produit sur les émissions que nous étudions. Les phénomènes de variation aux environs du lever du soleil sont restés les mêmes avant et après l'orage magnétique.

Conclusion. — On peut supposer que, lorsque le soleil monte sur l'horizon, il se produit une modification progressive de la loi de variation de l'intensité avec la distance : une heure avant le lever du soleil, l'onde de 50 mètres est *d'autant plus faible que la distance est plus faible* ; aux distances inférieures à 600 kilomètres, elle ne parvient pas aux récepteurs. Quand l'heure avance, l'influence de la distance s'atténue, puis se renverse. L'onde devient, après le lever du soleil, *d'autant plus faible que la distance est plus grande.*

Il est assez curieux que des expériences d'ordre surtout qualitatif nous aient ainsi conduit à des résultats très vraisemblables, d'un ordre quantitatif. Ceci tient à la grande valeur d'observations menées *simultanément* et avec discipline par un réseau d'émetteurs et de récepteurs bien réparti en surface.

L'incontestable supériorité de la collaboration sur le travail isolé s'affirme donc une fois de plus. On ne le répète jamais assez ; mais on ne dira jamais assez non plus que tout le mérite de ces résultats revient aux observateurs (émetteurs et récepteurs) qui s'imposent volontairement un travail quotidien et qui acceptent avec bonne grâce la discipline des programmes.

Digitized by Google

LE QUADRIPOLE,

Par L.-J. COLLET,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

On a souvent étudié, sous un nom ou sous un autre, les systèmes quadripolaires.

Nous appellerons *quadripôle* un assemblage quelconque de conducteurs ou de diélectriques, homogènes ou hétérogènes, filiformes ou massifs, comportant quatre bornes, dont deux a_1 et a_2, seront appelées *bornes d'entrée*, les deux autres, b_1 et b_2, étant appelées *bornes de sortie*.

Un quadripôle est destiné à être associé, par ses bornes d'entrée, à un système auquel nous donnerons, pour simplifier le langage, le nom de *source*, et, par ses bornes de sortie, à un système que nous appellerons *récepteur*.

Dans ce qui suit, nous supposerons essentiellement :

que la source ou le récepteur n'échangent de courant, avec le quadripôle, qu'à travers les bornes communes ;

que la source n'échange avec le récepteur aucun courant qui ne traverse le quadripôle.

Dès lors, si nous nous limitons à l'examen des cas du courant continu et du courant alternatif en régime permanent, et si nous appliquons, d'une part à la source, d'autre part au récepteur, la loi de la conservation du courant, nous voyons que :

I_{a_1} et I_{a_2} désignant les intensités des courants entrant dans le quadripôle par les bornes d'entrée a_1 et a_2,

I_{b_1} et I_{b_2} désignant les intensités des courants entrant dans le quadripôle par les bornes de sortie b_1 et b_2,

on a :

$$I_{a_1} = -I_{a_2},$$
$$I_{b_1} = -I_{b_2}.$$

Digitized by Google

Nous allons rechercher quelles relations existent entre les intensités aux bornes du quadripôle et les tensions aux bornes d'entrée et de sortie.

Cas du courant continu. — Comme précédemment (1) dans l'étude des dipôles, nous ne considérons que des quadripôles constitués au moyen de conducteurs auxquels s'applique la loi d'Ohm, et nous excluons la possibilité d'effet Volta, ainsi que la présence de forces électromotrices d'origine quelconque.

Des équations générales, écrites à l'occasion de l'étude du dipôle, on tire :

$$\operatorname{div}\left(\frac{1}{\rho}\cdot\operatorname{grad} V\right)=0,$$

soit :

$$\Delta V+\rho\left(\operatorname{grad}\frac{1}{\rho}\cdot\operatorname{grad} V\right)=0.$$

A cette équation générale, il y a lieu de joindre les équations de continuité du potentiel et de conservation du flux normal à travers les surfaces de discontinuité de la conductivité $\frac{1}{\rho}$. Sur les surfaces de séparation des conducteurs et du diélectrique voisin, on a :

$$(\nu\cdot\operatorname{grad} V)=0.$$

Les autres conditions aux limites expriment ce qui se passe sur les bornes.

Si l'on s'impose l'intensité du courant traversant les bornes (supposées de section infiniment petites et, ainsi, équipotentielles), on complète les données du problème de la définition de V, c'est-à-dire, par conséquence, de la répartition du champ électrique ou du vecteur courant.

A une constante additive près, ce problème (qui n'est autre que le problème de Neumann lorsque $\operatorname{grad}\frac{1}{\rho}=0$) admet une solution unique. La constante est d'ailleurs déterminée si l'on

(1) *Annales des P. T. T.*, juillet 1926, p. 631 et sqq.

Digitized by Google

définit le potentiel comme la tension par rapport à un point déterminé : par exemple, une des bornes du quadripôle.

En raison du caractère linéaire des équations définissant et reliant entre eux V et j, on a certainement :

$$V = I_a u' + I_b u'',$$

en désignant par :

I_a l'intensité du courant entrant dans le quadripôle en a_1 et sortant par a_2,

I_b l'intensité du courant entrant dans le quadripôle en b_1 et sortant par b_2,

u' et u'' les solutions de l'équation de définition des potentiels, telles que $(\nu \cdot \text{grad } V) = 0$ en tous points de la surface de séparation du conducteur et de l'isolant, et correspondant aux conditions suivantes aux bornes :

	Borne.	Valeur de l'intensité entrant.
u'	a_1	$+ 1$
	a_2	$- 1$
	b_1	0
	b_2	0

	Borne.	Valeur de l'intensité entrant.
u''	a_1	0
	a_2	0
	b_1	$= 1$
	b_2	$- 1$

Nous allons démontrer que les fonctions u' et u'' prennent, aux bornes du quadripôle, des valeurs entre lesquelles existe une certaine relation, à laquelle conduit une formule analogue à la formule de Green.

Posons :

$$j' = \frac{1}{\rho} \text{grad } u',$$

$$j'' = \frac{1}{\rho} \text{grad } u''.$$

Considérons l'intégrale :

$$\int \int \frac{1}{\rho} (u' \text{ grad } u'' - u'' \text{ grad } u' \cdot \nu) \, d\Sigma = \int \int (u' j'' - u'' j' \cdot \nu) \, d\Sigma$$

(l'expression entre parenthèses représente un produit scalaire), la sommation étant étendue à toute la surface limitant les masses conductrices constituant le quadripôle (notamment aux surfaces

Digitized by Google

des électrodes formant les bornes), et, s'il y a lieu, aux surfaces de discontinuité de $\frac{1}{\rho}$. Dans ce dernier cas, l'intégrale devra être prise deux fois : on considérera d'abord le produit scalaire du vecteur uj, défini dans le premier milieu, par la normale à la surface de séparation, intérieure au premier milieu; on y ajoutera une expression relative au second milieu, formée de la même manière.

On peut remarquer d'abord qu'en raison de la continuité du potentiel à la surface de séparation de milieux différents, et de la conservation du flux normal, les éléments de l'intégrale relative aux surfaces de discontinuité de la conductivité $\frac{1}{\rho}$ sont identiquement nuls. De même les éléments relatifs aux surfaces extérieures du quadripôle, autres que les bornes.

Si donc u'_{a_1} représente la valeur de u', sur la borne a_1,... l'intégrale considérée a pour valeur :

$$\int\int (u'j'' - u''j' \cdot \nu)\, d\Sigma = (u'_{b_1} - u'_{b_2}) - (u'_{a_1} - u''_{a_2}).$$

D'autre part :

$$\int\int (u'j'' - u''j' \cdot \nu)\, d\Sigma = \int\int\int (\operatorname{div} u'j'' - \operatorname{div} u''j')\, d\Omega,$$

la sommation triple étant étendue à toute la masse conductrice.

Or :

$$\operatorname{div} u'j'' = u' \operatorname{div} j'' - (j'' \cdot \operatorname{grad} u') = -(i'' \cdot \operatorname{grad} u'),$$

puisque : $\operatorname{div} j = 0.$

Comme $\operatorname{grad} u' = \rho j',$

$\operatorname{grad} u'' = \rho j'',$

on a, en définitive :

$$\int\int\int = -\int\int\int \rho \{ (j' \cdot j'') - (j'' \cdot j') \}\, d\Omega = 0.$$

Ainsi on vient d'établir la relation :

$$(u'_{b_1} - u'_{b_2}) = (u''_{a_1} - u''_{a_2}),$$

expression de la loi bien connue, dite de réciprocité : si on isole les bornes à l'origine et si on injecte par les bornes de l'extrémité un courant $(+1, -1)$, on produit entre les bornes à l'ori-

Digitized by Google

gine une différence de potentiel égale à celle qui se produira entre les bornes d'extrémité, si on les isole et si on injecte le courant $(+1, -1)$, par les bornes de l'origine.

Quoi qu'il en soit, revenons à la formule générale :

$$V = I_a u' + I_b u''.$$

Soit V_a la tension entre bornes a_2 et a_1,
V_b la tension entre bornes b_1 et b_2.

On a :

$$\begin{cases} V_a = I_a(u'_{a_1} - u'_{a_2}) + I_b(u''_{a_1} - u''_{a_2}) = -I_a v'_a - I_b v''_a, \\ V_b = I_a(u'_{b_2} - u'_{b_1}) + I_b(u''_{b_2} - u''_{b_1}) = \quad I_a v'_b + I_b v''_b. \end{cases}$$

On peut tirer de ces expressions :

$$\begin{cases} V_a = -\dfrac{v'_a}{v'_b} V_b + \left(\dfrac{v'_a v'_b}{v'_b} - v''_a\right) I_b, \\ I_a = -\dfrac{1}{v'_b} V_b - \dfrac{v''_b}{v'_b} I_b. \end{cases}$$

Système de la forme :

$$\begin{cases} V_a = A V_b + B I_b, \\ I_a = C V_b + D I_b, \end{cases}$$

où les quatre constantes A, B, C, D sont des caractéristiques du quadripôle (comme sa résistance ohmique, est une caractéristique d'un dipôle), entre lesquelles existe une relation.

On a en effet :

$$AD - BC = \frac{v'_a v''_b}{v'^2_b} + \frac{v''_a}{v'_b} - \frac{v'_a v''_b}{v'^2_b} = \frac{v''_a}{v'_b} = 1.$$

Remarque. — I_a étant le courant entrant par une des bornes d'origine, la tension V_a est définie comme le potentiel de cette borne, dont on retranche le potentiel de l'autre borne d'origine.

I_b étant le courant entrant par une des bornes d'extrémité, la tension V_b est définie comme le potentiel de l'autre borne d'extrémité dont on retranche le potentiel de la borne par laquelle entre le courant I_b.

Il est plus normal de considérer le courant sortant du quadripôle à son extrémité. Si donc on considère I_b comme le cou-

Digitized by Google

rant sortant du quadripôle par une des bornes d'extrémité, la tension V_b est définie comme le potentiel de cette borne dont on retranche le potentiel de l'autre borne. Avec cette convention nouvelle, qui est celle que l'on fait toujours, les formules définitives du quadripôle conservent, sans changement leurs coefficients.

Cas du courant alternatif, en régime permanent. — Nous avons précisé, en début de chapitre, quelles conditions le quadripôle était censé remplir. Ces conditions sont tout à fait analogues aux conditions d'existence des dipôles admettant une impédance bien définie.

Nous avons supposé également que les bornes du quadripôle étaient infiniment petites, de telle sorte qu'elles puissent être considérées comme des surfaces équipotentielles, quelles que soient les connexions du quadripôle et d'autres systèmes.

Comme par hypothèse, au voisinages des bornes, sur la surface limite du quadripôle et à l'extérieur, j, E et H sont nuls ou infiniment petits, il en résulte que j est normal aux bornes. Ainsi sur les bornes $[A \cdot \nu] = 0$.

En vertu du caractère linéaire des équations générales, nous admettons, sans démonstration, que l'on a encore, comme dans le cas du courant continu, avec les mêmes notations :

$$V = I_a u' + I_b u''.$$

Nous allons démontrer que dans ce cas encore, la loi de réciprocité est satisfaite.

Posons :

$$j = \frac{1}{\zeta}(\text{grad } V - i\omega A),$$

avec

$$\frac{1}{\zeta} = \frac{1}{\rho} + \frac{i\omega\varepsilon}{4\pi}.$$

Considérons l'intégrale :

$$\int\int (u' j'' - j' u'' \cdot \nu)\, d\Sigma,$$

étendue à toute la surface limitant le quadripôle. Sa valeur est encore :

Digitized by Google

$$(u'_{b_1} - u'_{b_2}) - (u''_{a_1} - u''_{a_2}).$$

D'autre part :

$$\int\int (u' j'' - u'' j' \cdot \nu)\, d\Sigma = \int\int\int (\operatorname{div} u' j'' - \operatorname{div} u'' j')\, d\Omega,$$

l'intégration triple étant étendue à tout le volume.

Or :

$$\operatorname{div} u' j'' = u' \cdot \operatorname{div} j'' - (j'' \cdot \operatorname{grad} u') = -(j'' \cdot \operatorname{grad} u')$$

puisque

$$\operatorname{div} j = 0.$$

Or :

$$\operatorname{grad} u = \zeta j + i\omega A.$$

Ainsi :

$$\int\int = -\int\int\int \zeta \left\{ (j' \cdot j'') - (j'' \cdot j') \right\} d\Omega$$

$$- i\omega \int\int\int \left\{ (j'' \cdot A') - (j' \cdot A'') \right\} d\Omega =$$

$$= -\int\int\int (j'' \cdot A') - (j' A)\, d\Omega =$$

$$= -\frac{1}{4\pi} \int\int\int (A' \cdot \operatorname{rot} H'') - (A'' \cdot \operatorname{rot} H').\, d\Omega.$$

Or :

$$(A \cdot \operatorname{rot}. H'') = (H'' \cdot \operatorname{rot} A') - \operatorname{div} [A' \cdot H''] =$$
$$= \mu (H' \cdot H'') - \operatorname{div} [A' \cdot H''],$$

d'où :

$$\int\int = \frac{1}{4\pi} \int\int\int \operatorname{div} [A' \cdot H''] - \operatorname{div} [A'' \cdot H']\, d\Omega$$

$$= \frac{1}{4\pi} \int\int ([A' \cdot H''] - [A'' \cdot H'] \cdot \nu)\, d\Sigma.$$

Cette dernière intégrale est nulle puisque, sur la surface limite du quadripôle, en dehors des électrodes, on a admis que H était nul et que sur les électrodes, $[A \cdot \nu] = 0$, ce qui entraîne la nullité de $([A \cdot H] \cdot \nu) = (H \cdot [\nu \cdot A])$.

Ainsi donc, on a encore dans le cas du courant alternatif

$$(u'_{b_1} - u'_{b_2}) = (u''_{a_1} - u''_{a_2}).$$

La loi de réciprocité est encore satisfaite.

Ainsi les équations générales du quadripôle sont encore satisfaites.

Digitized by Google

De la discussion faite à propos de la définition de l'impédance du dipôle il résulte qu'en général, la relation $AD-BC=1$, n'est satisfaite qu'avec une certaine approximation, et que même, pour certains quadripôles dont le champ fini est trop étendu, il sera difficile de réaliser les conditions pratiques où elle est à peu près satisfaite. L'expérience montre cependant qu'il existe de nombreux systèmes pour lesquels on peut admettre que cette relation est pratiquement rigoureuse.

Notion du quadripôle symétrique. — Étant donné un quadripôle de bornes $a_1\ a_2\ b_1\ b_2$, on peut indifféremment considérer comme bornes d'entrée a_1 et a_2 ou b_1 et b_2. Les relations précédemment écrites entre courants et tensions à l'entrée et la sortie demeureront en considérant que les indices *a* ou *b*, de V et I sont attachés aux bornes, et non aux systèmes (source et récepteur) reliés au quadripôle.

Du système :

$$\begin{cases} V_a = A\,V_b + B\,I_b, \\ I_a = C\,V_b + D\,I_b, \end{cases} \qquad AD-BC=1,$$

on tire :

$$\begin{cases} V_b = D\,V_a - B\,I_a, \\ I_b = C\,V_a + A\,I_a. \end{cases}$$

Mais, dans les conditions nouvelles, le courant d'entrée I'_a est égal à $(-I_a)$; de même le courant de sortie $I'_a = -I_a$. Les tensions ne changent pas. On a donc, pour le nouveau quadripôle :

$$\begin{cases} V'_b = D\,V'_a + B\,I'_a, \\ I'_b = C\,V'_a + A\,I'_a. \end{cases}$$

Le quadridôle est symétrique lorsqu'on peut indifféremment prendre pour bornes d'entrée ou de sortie a_1 et a_2 — ou b_1 et b_2. Pour un tel quadripôle :

$$A=D,$$
$$A^2-BC=1.$$

Détermination expérimentale des constantes du quadripôle. — Trois mesures des valeurs simultanées de I_a V_a I_b V_b dans des

Digitized by Google

conditions quelconques doivent permettre de calculer les 4 constantes $ABCD$. Deux mesures suffisent dans le cas du quadripôle symétrique.

En pratique, on trouve intérêt à effectuer les mesures d'impédance du quadripôle dont les bornes de sortie sont isolées ou court-circuitées, de sorte que le courant de sortie, ou la tension aux bornes de sortie sont nuls. Dans le cas du quadripôle dyssymétrique, les mesures sont à faire à partir des deux extrémités. Si Z_b est l'impédance pour la pulsation ω mesurée entre a_1 et a_2, dans le cas du court-circuit entre b_1 et b_2.

Z_i est l'impédance pour la pulsation ω mesurée entre a_1 et a_2 dans le cas de l'isolement

Z'_b et Z'_i les impédances correspondantes lorsqu'on a retourné le quadripôle bout par bout, on a :

$$Z_b = \frac{B}{D} \qquad Z_i = \frac{A}{C} \qquad Z'_b = \frac{B}{A} \qquad Z'_i = \frac{D}{C}.$$

On voit que :

$$\sqrt{Z_b Z_i} = \sqrt{Z'_b Z'_i} = Z_n.$$

Z_n s'appelle parfois l'impédance caractéristique vraie du quadripôle (pour la pulsation ω).

Considérons d'autre part les rapports :

$$\sqrt{\frac{Z_b}{Z_i}} = \sqrt{\frac{Z'_b}{Z'_i}} = \operatorname{th} p.$$

En posant les rapports précédents égal à $\operatorname{th} p$, on définit ainsi un argument appelé parfois constante de propagation du quadripôle pour la pulsation ω considérée.

Notion de coefficient d'action mutuelle, pour une pulsation donnée entre un système primaire et un système secondaire. — Nous ne voulons insister dans cette étude, ni sur les diverses manières de choisir pour la définition d'un quadripôle donné, un système de trois constantes indépendantes caractéristiques, ni sur les raisons physiques qui conduisent à ces choix.

Nous voulons cependant introduire ici la notion de coefficient d'action mutuelle, pour une pulsation donnée.

Digitized by Google

On trouve, dans tous les ouvrages élémentaires, la théorie du transformateur (sans fer) établie en admettant que le primaire et le secondaire possèdent une résistance et une inductance, et qu'il existe entre eux, un coefficient d'induction mutuelle.

Soient R_1 L_1 R_2 L_2 et M ces coefficients.

Pour une pulsation ω on a, en gardant les notations employées plus haut pour la théorie du quadripôle :

$$\begin{aligned} V_a &= (R_1 + i\omega L_1) I_a + i\omega M I_b, \\ -V_b &= (R_2 + i\omega L_2) I_b + i\omega M I_a, \end{aligned}$$

ou encore :

$$V_a = -\frac{R_1 + i\omega L_1}{i\omega M} V_b + \frac{(i\omega M)^2 - (R_1 + i\omega L_1)(R_2 + i\omega L_2)}{i\omega M} I_b,$$

$$I_a = -\frac{1}{i\omega M} V_b - \frac{R_2 + i\omega L_2}{i\omega M} I_b.$$

En fait, étant donné un quadripôle quelconque, et notamment un transformateur, on peut écrire les équations auxquelles il obéit, pour une pulsation donnée, sous la forme :

$$\begin{cases} V_a = \dfrac{Z_{11}}{Z_{12}} V_b - \dfrac{Z_{12}^2 - Z_{11} Z_{22}}{Z_{12}} I_b, \\ I_a = \dfrac{1}{Z_{12}} V_b + \dfrac{Z_{22}}{Z_{12}} I_b, \end{cases}$$

puisque

$$\frac{Z_{11}}{Z_{12}} \cdot \frac{Z_{22}}{Z_{12}} - \frac{(Z_{12}^2 - Z_{11} Z_{12})}{Z_{12} \cdot Z_{12}} = 1.$$

Rien n'empêche dès lors d'appeler les quantités Z_{11} Z_{22} et Z_{12} définies par cette équation, les impédances apparentes d'un système primaire et d'un système secondaire, et l'action mutuelle apparente du système primaire sur le système secondaire, pour la pulsation ω, en considérant le quadripôle comme l'association de deux systèmes comportant, l'un les deux bornes d'entrée, l'autre, les deux bornes de sortie. La décomposition de Z_{11} et Z_{12} en composantes actives et réactives amène encore à la définition des résistances et réactances effectives du primaire et du secondaire, pour la pulsation ω, et lorsque les deux systèmes sont associés entre eux de manière à constituer le quadripôle ayant servi à définir Z_{11} et Z_{12}.

Digitized by Google

On peut de même définir une inductance apparente des deux systèmes.

Dans le cas le plus général, Z_{12} comportera une partie réelle et une partie imaginaire. Celle-ci, divisée par $i\omega$ donnera parfois un coefficient positif à peu près indépendant de ω. Il sera naturel de lui donner alors le nom de coefficient d'induction mutuelle des deux systèmes. Toutefois, le plus souvent, Z_{12} pourra différer notablement de $i\omega M$, où M représente le coefficient vrai d'induction mutuelle défini — quand la chose est possible — et calculé, dans l'hypothèse de courants continus.

Conclusion. — La conclusion de cette note et de la note sus-mentionnée, est que l'emploi des lois d'Ohm et de Kirchhoff généralisées, pour l'étude des courants alternatifs en régime permanent, est le plus souvent licite, à condition de faire intervenir dans l'expression de ces lois, des impédances susceptibles d'être déterminées expérimentalement ou calculées avec un soin particulier.

L'existence de ces impédances ne découle pas nécessairement de celle de coefficients de résistance, d'inductance ou de capacité relatifs à des états statiques : les valeurs de ces impédances peuvent ne pas s'exprimer simplement en fonction de ces coefficients : ce n'est que dans des cas bien particuliers, plus ou moins difficiles à réaliser, que l'on obtient l'équivalence pratique entre les composantes actives ou réactives de l'impédance, et ces coefficients.

Il est à noter enfin, que les conditions dans lesquelles il a été permis de démontrer l'existence de coefficients d'impédance, bien que manquant un peu de précision dans leur expression, sont assez restrictives et assez complexes. On peut donc rencontrer des systèmes auxquels ne peut pas s'appliquer la définition donnée des impédances, sinon pour toutes les fréquences, du moins pour certaines gammes de fréquence.

Digitized by Google

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE.

CALCUL DE LA PROBABILITÉ DES MÉLANGES DANS UNE INSTALLATION STROWGER POURVUE DE CHERCHEURS DOUBLES (1).

Le montage des chercheurs doubles est effectué selon le diagramme ci-joint. Les chercheurs doubles ont pour objet de brasser le trafic et de le répartir avec une grande concentration sur les premiers sélecteurs. Nous supposons qu'il s'agit d'un bureau téléphonique de 10.000 abonnés, groupés à raison de 50 sur chaque chercheur de lignes appelantes.

1. Mélanges dus à des rencontres simultanées. — Admettons que le calcul ait montré qu'il doit y avoir 14 ou 15 chercheurs doubles suivant les cinquantaines d'abonnés, que les abonnés du bureau de 10.000 abonnés seraient partagés en cinq grands groupes, et que les 2.000 abonnés de chacun de ces groupes auront accès à l'un quelconque parmi 332 premiers sélecteurs. Appelons P la probabilité pour que, dans un de ces groupes bien déterminé, 2 appels se trouvent connectés simultanément sur un même premier sélecteur. La probabilité pour que deux abonnés du bureau se trouvent être simultanément connectés sur un même premier sélecteur est évidemment égale à $5\,P$.

Calculons P; cette probabilité est le produit de 2 probabilités :

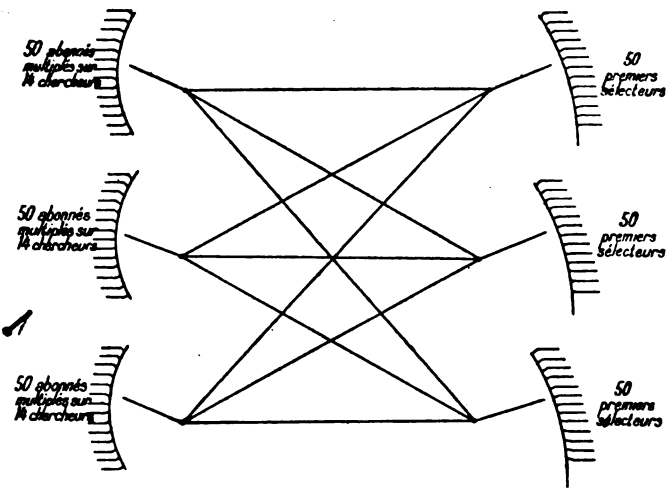
la probabilité P_1 pour que les appels de 2 abonnés quelconques parmi les 2.000 du groupe considéré se succèdent à un intervalle de temps au plus égal à celui que met pour fonction-

(1) Analyse d'un rapport de M. Petit, ingénieur des Postes et Télégraphes.

Digitized by Google

ner le relais qui porte l'occupation sur les premiers sélecteurs ; nous appellerons désormais t cet intervalle de temps critique ;

la probabilité P_2 pour que les appels de ces abonnés soient aiguillés sur le même premier sélecteur par les chercheurs doubles intéressés.



La probabilité P_1 se calcule par la formule classique suivante, dans laquelle t doit être exprimé en fraction d'heure :

$$\frac{N^{(N-1)}}{2}\, t^2 \quad (1-t)^{N-2}.$$

Dans cette formule, il faut faire $N = \frac{27.200}{5} = 5.440$, d'après les données statistiques du trafic.

Mais quelle valeur faut-il donner à t ? Dans une application numérique, un auteur a pris t égal à 5/1.000 de seconde. Cette valeur est d'un ordre de grandeur différent de celle que donne M. Harrison dans son livre classique sur le système Strowger (*An introduction to the Strowger system of automatic telephony*), qui indique que la valeur de t est de 0,056 seconde (page 72). Pour lever l'incertitude qui existait sur la valeur de t à adopter, le laboratoire du Service d'études et de recherches techniques a fait des mesures à l'oscillographe sur des relais

Digitized by Google

mêmes du type intéressé et a trouvé que la valeur moyenne de t à adopter est de 0,033 seconde.

La valeur de P_1 qui en résulte est ainsi :

$$P_1 = \frac{5.440 \times 5.439}{2} \left(\frac{33}{1.000} \times \frac{1}{3.600}\right)^2 \left(1 - \frac{33}{1.000 \times 3.600}\right)^{5438} =$$

$$= 11.805 \times 10^{-7}.$$

La probabilité P_2, de par la définition même de la probabilité (rapport du nombre des cas favorables au nombre des cas possibles), a pour valeur :

$$P_2 = \frac{1}{332}.$$

La valeur de P est donc :

$$P = \frac{11.805 \times 10^{-7}}{332} = 355 \times 10^{-8},$$

et celle de 5 P :

$$5P = 1.775 \times 10^{-8}.$$

Des mélanges dus à la rencontre simultanée d'un même premier sélecteur par deux appareils en recherche se produisent donc à raison de 1 1/2 par jour environ.

Remarque. — Le calcul précédent n'est valable que dans le cas d'une présélection par chercheurs doubles. Si chaque ligne d'abonné a un présélecteur individuel cherchant directement un premier sélecteur, le nombre des connexions en double, dues à la rencontre simultanée d'un même premier sélecteur par deux présélecteurs en recherche est un peu moindre. Il est à réduire du sixième environ si l'on se place dans les mêmes conditions de trafic.

Les calculs précédents montrent que, t entrant au carré dans l'expression de P_1, le réglage du relais qui marque l'occupation des premiers sélecteurs a une grande influence sur le nombre des mélanges dus à la rencontre simultanée d'un même premier sélecteur par deux appareils en recherche. Si, par exemple, la valeur moyenne de t passe de 0,033 seconde à 0,056 seconde, valeur donnée par M. Harrison, le nombre des mélanges dus à des rencontres simultanées est multiplié par 3: il devient 4 1/2 par jour. Il faut donc considérer que le nombre

Digitized by Google

des mélanges qui se manifestent en pratique peut être sensiblement plus grand que le nombre trouvé par le calcul, car le déréglage des relais peut les faire s'écarter de leurs conditions théoriques de fonctionnement, surtout s'ils ont à établir plusieurs contacts.

2. Mélanges par prise de lignes occupées. — Dans le système Strowger, il y a une autre cause de mélanges que celle qui résulte de la rencontre simultanée d'un même premier sélecteur libre par deux appareils en recherche. Si une discontinuité, causée par exemple par un grain de poussière, une trépidation ou une vibration des bâtis ou des balais, se produit accidentellement dans le circuit de test d'un appareil en recherche, cet appareil se trouve connecté à la ligne, libre ou non, qu'il explore au moment où la discontinuité se produit.

Il est impossible d'évaluer même approximativement la fréquence de ces mélanges, qui peuvent dépendre en partie de certaines causes inaccessibles au calcul, comme la qualité du matériel (élasticité des balais, stabilité des réglages, résistance des organes à l'usure) et l'entretion des organes (propreté de l'installation, réglage des appareils). Cependant on peut affirmer que, dans une installation avec chercheurs doubles, ces mélanges sont plus nombreux que dans une installation avec présélecteurs individuels, à cause de la concentration de trafic réalisée, qui est la raison d'être même des chercheurs doubles.

En effet, dans un bureau à fort trafic, les chercheurs doubles travaillent environ 3,5 fois plus que des présélecteurs individuels. C'est ainsi que, dans les conditions de trafic déjà spécifiées pour le bureau étudié, les commutateurs rotatifs constituant les 15 chercheurs doubles de chaque cinquantaine d'abonnés travailleraient autant que 100 présélecteurs individuels. Or la fréquence avec laquelle travaillent les chercheurs doubles influe sur le nombre des mélanges qui se produisent non seulement parce que ce nombre dépend pour un appareil, dont l'état actuel est donné du nombre des communications qu'il écoule, mais encore parce que l'état actuel d'un appareil, c'est-à-dire

Digitized by Google

son usure, la stabilité de son réglage et ses fautes sont fonction de la fréquence de son emploi, indépendamment de toute question d'entretien.

De plus, comme dans une installation avec chercheurs doubles le coefficient d'occupation des premiers sélecteurs est égal aux 4/3 environ de ce qu'il est dans une installation avec présélecteurs individuels ; les risques de mélanges par prise accidentelle de premiers sélecteurs occupés sont évidemment augmentés dans ce cas dans la même proportion.

L'expérience du bureau de Fleurus à Paris où l'entretien est particulièrement soigné, confirme ce résultat et montre que, dans un bureau à fort trafic où les chercheurs doubles sont employés, la fréquence des mélanges dus aux prises de lignes occupées peut amener des incidents d'exploitation et provoquer des réclamations de la clientèle.

3. **Conclusions**. — Si le nombre des mélanges reste faible et sans importance pratique au point de vue de l'exploitation dans le système Strowger sans chercheurs doubles, bien qu'il utilise un circuit de test sans relais d'arrêt, l'expérience et le calcul montrent que les risques de mélanges peuvent être beaucoup augmentés par l'emploi des chercheurs doubles.

Digitized by Google

CABLAGE EN ÉTOILE ET CABLAGE DIESELHORST-MARTIN (1).

Un article du numéro de février 1925 des Annales des P. T. T. *a signalé l'invention d'un nouveau mode de câblage, qu'on désigne sous le nom de* câblage en étoile. *Cet article, intitulé* Câblage en étoile des paires combinables des câbles téléphoniques, *extrait de l'E.T.Z. du 3 juillet 1924, indiquait succinctement quelques avantages de ce mode de câblage.*

Dans l'article qu'on analyse ci-dessous, la question est reprise d'une façon plus détaillée, tant au point de vue économique qu'au point de vue technique, et l'auteur détermine ainsi les limites d'emploi du câblage en étoile.

1. Différents modes de câblage. — On emploie, dans la technique, les modes de câblage suivants :

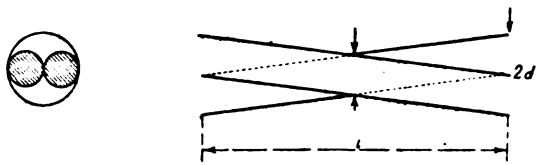


Fig. 1.

a) le câblage par paires (fig. 1) : les deux conducteurs sont

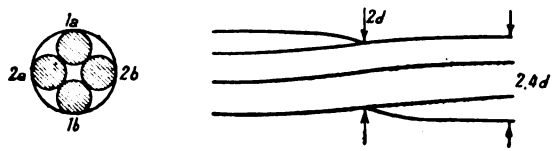


Fig. 2.

toronnés ensemble ; le diamètre de la paire ainsi obtenue varie du simple au double du diamètre *d* de chaque conducteur ;

(1) Analyse d'un article de F. Luschen paru dans *Fernkabel* (février 1926).

Digitized by Google

b) le câblage en étoile (fig. 2) : les quatre conducteurs sont toronnés ensemble ; le diamètre de la quadrette obtenue varie entre 2 *d* et 2,4 *d* ;

c) le câblage Dieselhorst-Martin (D. M.) (fig. 3) : les paires

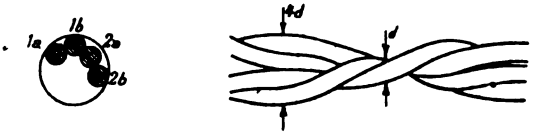


Fig. 3.

sont câblées comme dans le câblage par paires et sont ensuite toronnées deux par deux comme de simples conducteurs ; le

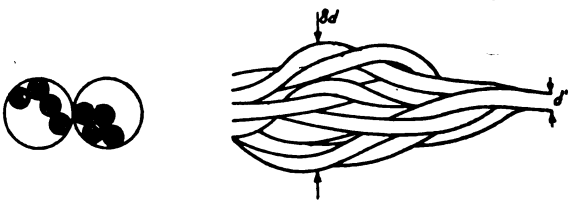


Fig. 4.

diamètre varie donc entre *d* et 4 *d* ; pratiquement, on admet un diamètre moyen de 2,4 *d* ;

d) le câblage par huit (fig. 4) : le principe du câblage D. M.

Fig. 5.

est encore poussé plus loin, deux quadrettes étant toronnées ensemble ; les variations de diamètre sont alors si grandes, que pratiquement on évite ce mode de câblage.

Les groupes obtenus dans chacun de ces modes de câblage sont ensuite réunis par couche autour de l'âme du câble, comme l'indique la figure 5.

2. Possibilités d'emploi des différents modes de câblage. — Dans le câblage par paires, les deux conducteurs d'une paire

Digitized by Google

constituent un circuit téléphonique. Dans le câblage par quadrette, en étoile, ou D. M., on peut obtenir un troisième circuit : le combiné. Dans le câblage en étoile, on prendra, pour constituer chaque paire, les conducteurs 1_a, 1_b d'une part, 2_a, 2_b d'autre part (fig. 2). Dans le câblage D. M., la constitution des paires est fixée par le câblage lui-même.

On peut se demander s'il est possible, avec un câblage par paires, d'utiliser le circuit combiné, ce qui constitue naturellement une meilleure utilisation du câble au point de vue économique. Il suffit de considérer les figures 6 et 7 pour se rendre compte que c'est impossible. Les circuits combinés seraient

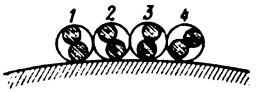


Fig. 6.

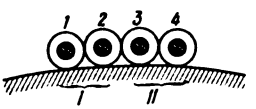


Fig. 7.

constitués, par exemple, par les paires 1 et 2, 3 et 4 (fig. 6), qu'on peut remplacer par des conducteurs 1, 2, 3 et 4 (fig. 7) de section double. Les nouvelles paires I et II ainsi constituées sont parallèles dans tout le câble ; par suite, les quatre capacités partielles entre les quatre conducteurs ont des valeurs différentes ; de plus, les paires I et II sont couplées magnétiquement. Pour ces deux raisons, il y aurait entre ces circuits combinés une diaphonie considérable.

De même dans le câblage en étoile, il n'est pas d'usage d'utiliser le combiné, car les combinants et le combiné auraient des propriétés électriques trop différentes. En effet, dans ce mode de câblage, le rapport de la capacité C_2 du combiné à la capacité C_1 du combinant est approximativement :

$$\frac{C_2}{C_1} = 2{,}7 \text{ à } 2{,}8.$$

On peut se rendre compte sommairement, par les considérations suivantes, de l'influence qu'a la valeur de ce rapport sur les propriétés électriques des circuits. L'affaiblissement d'un circuit pupinisé est donné approximativement par l'expression suivante :

Digitized by Google

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}},$$

R désignant la résistance de boucle par unité de longueur, C et L la capacité et la self d'une section de pupinisation. Si l'on désigne la résistance de boucle du combinant par $2R$, celle du combiné est R. Nous aurons donc, pour le combinant :

$$\beta = R\sqrt{\frac{C_1}{L_1}},$$

et pour le combiné :

$$\beta = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{2{,}8\,C_1}{L_2}}.$$

Il est désirable d'avoir le même affaiblissement pour les combinants et combinés ; cela conduit à : $L_2 = 0{,}7\ L_1$.

D'autre part, une grandeur excessivement importante pour la qualité de la transmission est la pulsation de coupure ω_0, correspondant à la fréquence de coupure f_0 ($\omega_0 = 2\pi f_0$) :

$$\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{LC}}.$$

Pour le combinant, elle est :

$$\omega_1 = \frac{2}{\sqrt{L_1 C_1}},$$

et pour le combiné :

$$\omega_2 = \frac{2}{\sqrt{0{,}7\,L_1 \times 2{,}8\,C_1}} = 0{,}7\ \omega_1.$$

Les combinés auraient donc une fréquence de coupure trop faible de 30 %. Par exemple, pour le type de câble allemand normal, $\omega_1 = 17.000$. Avec le câblage en étoile, on aurait, pour le combiné, $\omega_2 = 11.900$. Pratiquement, seules seraient transmises les fréquences correspondant à une pulsation inférieure ou égale à environ 8.500, ce qui conduirait à une distorsion inadmissible. C'est pourquoi, en pratique, les câbles où l'on utilise le circuit combiné sont câblés seulement suivant le système D. M..

3. **Comparaison des différents modes de câblage.** — En

Digitized by Google

général, on peut représenter la capacité des circuits en câble par la formule approchée suivante :

$$C = \frac{\varepsilon}{36 \ln \alpha \frac{D}{d}} \mu F/Km,$$

où d désigne le diamètre des fils, D le diamètre moyen du groupe (paire ou quadrette), ε la constante diélectrique moyenne. Le facteur α dépend du mode de câblage. Ainsi l'on a :

pour le câblage par paires : $\alpha = 0{,}94$,
» en étoile : $\alpha = 0{,}75$,
» D. M. : $\alpha = 0{,}65$.

Donc, à capacité égale des combinants, $\frac{\alpha D}{d} = C^{te}$, la surface de la section moyenne d'un groupe est inférieure à celle d'une quarte D. M. de :

$$100 \left[1 - \left(\frac{0{,}65}{0{,}94}\right)^2\right] = 52\,\% \text{ pour le câblage par paires,}$$

et : $100 \left[1 - \left(\frac{0{,}65}{0{,}75}\right)^2\right] = 25\,\%$ » » en étoile.

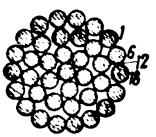


Fig. 8.

Dans le choix du mode de câblage le plus avantageux, un facteur essentiel à considérer est le nombre des circuits. La construction même ne permet d'avoir qu'un nombre déterminé de groupes. La figure 8 montre, par exemple, comment se répartissent les groupes, quand l'âme du câble est constituée par un seul de ces groupes. On peut ainsi avoir les nombres de groupes suivants : 1, 7, 19, 37, 61, 91, etc... Par suite, suivant que les groupes sont des paires, des quartes en étoile, ou des quartes D. M., on aura, comme nombre de circuits possibles :

dans le câblage par paires : 1 7 19 37 61 91 127 169 217,
» en étoile : 2 14 38 74 122 182 254 338 434,
» D. M. : 3 21 57 111 183 273 381 507 651.

Cette particularité rend difficile la comparaison générale, au point de vue économique, des différents modes de câblage

Soit à réaliser 100 circuits. Dans le câblage par paires,

Digitized by Google

suivant que l'âme comprend 1, 2 ou 3 paires, on obtient : 91, 102 ou 108 paires.

Dans le câblage en étoile :

âme formée d'une quarte : 74 ou 122 paires,
» 2 » : 88 ou 140 »,
» 3 » : 96 »,
» 4 » : 104 ».

Dans le câblage D. M. :

âme formée d'une quarte : 111 paires,
» 2 » : 72 ou 132 »,
» 3 » : 81 ou 144 »,
» 4 » : 90 ».

Plus le nombre de circuits est petit, plus cette particularité est gênante ; ainsi, pour 50 circuits, on a les possibilités suivantes :

câblage par paires : 31 ou 61, 44, 48, 52,
» en étoile : 38 ou 74, 48, 54, 60,
» D. M. : 57, 30 ou 72, 36 ou 81, 42

On voit, par suite que, bien que les sections de chaque groupe diffèrent beaucoup, ainsi que nous l'avons montré au début de ce paragraphe, le nombre de circuits étant fixé, un mode de câblage particulier peut être le plus avantageux.

Examinons de plus près les circonstances influant sur la constitution la plus économique de la section d'un câble.

Si, dans un câble D. M., on a n groupes, on peut exploiter $3n$ circuits. Un groupe occupant dans la section une surface f, la surface totale de la section du câble sera : $Q_1 = nf$.

Pour avoir $3n$ circuits avec un câblage en étoile, il faut $1{,}5\,n$ groupes. Chaque groupe occupant, d'après ce que nous avons vu, une surface $0{,}75 \times f$, la surface totale de la section du câble sera :

$$Q_2 = 1{,}12\ nf = 1{,}12\ Q_1.$$

Enfin, dans le câblage par paires, il faudrait $3n$ groupes, dont chacun occupe une surface de : $0{,}48\ f$. Cela conduit à une surface de section de câble de : $Q_3 = 1{,}44\ nf = 1{,}44\ Q_1$.

Digitized by Google

Le câblage D. M. est donc le plus avantageux ; vient ensuite le câblage en étoile, et enfin le câblage par paires.

En n'utilisant pas le combiné dans un câble D. M., on obtient une section $Q' = 1,5\,Q_1$. Donc, toutes les fois qu'on ne prévoit pas l'utilisation des combinés, pour des raisons techniques, par exemple dans les câbles urbains, le câblage en étoile est le plus économique.

Il en est tout autrement dans les câbles à longue distance, où l'utilisation des combinés est avantageuse ; on peut alors hésiter entre le câblage en étoile et le câblage D.M.. Pour décider du système à employer, il faut envisager successivement le point de vue économique et le point de vue technique.

4. Comparaison des câblages D.M. et en étoile au point de vue économique. — On a à considérer les points suivants :

a) Le nombre de conducteurs doit être de 50 % plus grand dans un câble en étoile que dans un câble D.M., pour qu'on puisse disposer du même nombre de circuits.

b) Le diamètre des conducteurs peut être pris un peu plus petit dans le câble en étoile que dans le câble D.M., car on n'a plus l'augmentation de résistance due aux bobines du combiné. La résistance en courant continu des bobines du combiné est toujours plus petite que celle des bobines du combinant, à cause de leur plus faible inductance ; elle atteint seulement quelques centièmes de la résistance d'un circuit dans une section de pupinisation. Il n'en résulte, par suite, qu'une faible diminution du diamètre des conducteurs, en pratique de 3 à 5 %, qui a relativement peu d'influence sur le diamètre et sur le prix du câble. D'autre part, nous avons vu que l'encombrement d'une quarte en étoile est, à capacité égale pour les combinants, plus petit que celui d'une quarte D.M. Finalement, pour un même nombre de circuits de mêmes propriétés électriques que les combinants d'un câble D.M., le diamètre d'un câble en étoile est plus grand que celui du câble D.M. d'environ 7,5 %. Mais il faut remarquer que, dans le cas du câble en étoile, la dépense de cuivre est de 33 à 45 % plus grande. A égalité de diamètre

Digitized by Google

du câble, le câblage en étoile reviendrait donc déjà plus cher ; à plus forte raison avec le rapport réel des diamètres nécessaires.

c) Le nombre de bobines Pupin nécessaires dans le câble en étoile est, en supposant la même distance de pupinisation, de 25 °/₀ plus faible que dans le câble D.M. chargé de 4 bobines par quarte à chaque point de pupinisation. On peut admettre, en général, que le prix de la pupinisation d'un câble est donné par la formule:

$$P = a_1 + a_2 N,$$

a_1 et a_2 étant des constantes, et N le nombre des bobines ; a_1 comprend le prix des boîtes de bobines et des travaux de pose. Ce prix P croît donc plus lentement que le nombre des bobines. L'économie due au nombre moindre de bobines dans le câble en étoile est donc sûrement inférieure à 25 °/₀. Il faut considérer aussi que le prix de la pupinisation ne constitue qu'une fraction du prix total du câble, en moyenne le tiers. L'économie sur les bobines est donc certainement inférieure à 8 °/₀ du prix de revient du câble et ne peut compenser le supplément de dépenses sur les matériaux du câble lui-même.

La maison Siemens et Halske a étudié la question de savoir si, en modifiant la distance de pupinisation, on pouvait obtenir une utilisation plus économique du câble en étoile. En fait, ces recherches ont montré que la distance de pupinisation la plus économique serait plus petite dans le câble en étoile que dans le câble D.M. Ceci conduit à un type de câble où les circuits ont une capacité plus élevée que la normale, la capacité totale d'une section restant la même que dans le câble D.M.. Le diamètre du câble est par suite un peu diminué. Même en adoptant cette distance de pupinisation, le prix de revient du câble en étoile est encore plus élevé que celui du câble avec combinés. D'autre part, la diminution de distance des bobines n'est pas désirable en soi et peut prêter à des difficultés, particulièrement dans la traversée des villes.

Le câble en étoile présente, en outre, d'autres désavantages au point de vue économique, du fait qu'une grande partie du réseau de câbles européens est installée suivant le système D.M..

Digitized by Google

Tout l'appareillage nécessaire a été établi en tenant compte des propriétés techniques de ce système. Les amplificateurs, par exemple, doivent rendre l'affaiblissement des circuits indépendant de la fréquence. Or la variation de l'affaiblissement d'un circuit avec la fréquence n'est pas la même dans un câble en étoile que dans un câble D. M. Il faudrait donc établir de nouveaux types d'amplificateurs pour le câblage en étoile. De plus, des types d'amplificateurs différents seraient nécessaires aux points où des câbles en étoile et des câbles D. M. devraient être reliés, et comme on le verra plus en détail plus loin, ces amplificateurs devraient être adaptés à chaque cas particulier.

5. Point de vue technique. — Il y a, entre le système en étoile et le système D. M., les différences électriques suivantes :

a) Les circuits combinés du câble D.M. ont une fréquence de coupure supérieure de 30 °/₀ environ à celle des combinants, donc aussi à celle des circuits du câble en étoile équivalents à des combinants, d'où deux grands avantages du combiné pour les liaisons à grande distance.

D'abord, on sait que la portée des circuits pupinisés est limitée par les phénomènes transitoires, dont la durée est inversement proportionnelle à la 3ᵉ puissance de la fréquence de coupure. Cela signifie que la portée des circuits combinés est de $1, 3^3 = 2, 2$ fois celle des combinants, et qu'aux moindres distance, ils assurent une meilleure reproduction de la parole.

Le second avantage des circuits combinés réside dans l'emploi des amplificateurs à deux fils. L'augmentation d'affaiblissement avec la fréquence est plus petite dans les circuits à fréquence de coupure plus grande, donc dans les circuits combinés. Pour corriger la distorsion due à la variation d'affaiblissement, on emploie des amplificateurs qui, de $\omega = 2000$ à $\omega = 12.500$, ont pour chaque fréquence une amplification égale à l'affaiblissement du câble. Et la pulsation 12.500, par exemple, on aura donc, pour les combinés, une amplification plus faible que pour les autres circuits; d'autre part, plus grande est l'amplification, plus importants sont, dans les mêmes circons-

Digitized by Google

tances, les phénomènes de réaction et les effets d'écho, car l'amplificateur fonctionne plus près du point d'amorçage des sifflements. On peut, par suite, employer des liaisons à deux fils, formées de circuits combinés, à des distances qui rendraient nécessaires, dans un câble en étoile, des liaisons à 4 fils.

Des considérations analogues sont valables pour les liaisons à 4 fils constituées par des combinés. Les effets d'écho, la diaphonie et autres troubles qui affectent les longues lignes munies d'amplificateurs, sont d'autant plus faibles que le niveau de transmission varie moins le long de la ligne. Or les variations du niveau de transmission sont beaucoup moins importantes dans les combinés que dans les combinants, particulièrement aux fréquences élevées auxquelles ces troubles sont le plus sensibles.

b) Les circuits combinés du câble D.M. ont une impédance caractéristique particulièrement faible ; par suite, les irrégularités, dans les valeurs de capacités, par exemple, auront moins d'influence sur l'impédance du câble. Supposons que la capacité d'une section soit plus grande que la valeur normale de $0^{\mu F},005$; à la pulsation de $\omega = 5.000$, cela équivaut à une impédance de 40.000 ohms en dérivation sur la ligne homogène équivalente. Une telle dérivation diminue d'autant moins l'impédance du câble, mesurée en cet endroit, que celle-ci est plus faible. Donc les circuits combinés d'un câble D. M. auront de plus faibles oscillations d'impédance que les combinants et que les circuits corespondants d'un câble en étoile. Cette circonstance a le même effet que l'augmentation de la fréquence de coupure : elle augmente la portée.

Cette propriété du câble D.M. d'avoir un tiers du nombre de ses circuits de qualité supérieure au point de vue de l'exploitation justifierait le fait de le préférer au câble en étoile, même si les prix de revient étaient les mêmes.

Il nous faut encore examiner comment se présenterait la coexistence de câbles en étoile et du réseau D.M. déjà en service.

Comme on l'a déjà vu, les circuits des deux systèmes ont

Digitized by Google

des propriétés électriques différentes : en particulier la grandeur de l'impédance caractéristique, ainsi que sa variation avec la fréquence, diffèrent d'un système à l'autre ; d'où des difficultés pour former une section comprise entre deux amplificateurs de deux circuits de chacun des systèmes. Par exemple, l'un de ces circuits (étoile) a une pulsation de coupure $\omega_0 = 17.000$, et, pour $\omega = 3000$, une impédance de 1700 ohms ; l'autre (combiné D.M.) a une pulsation de coupure $\omega_0 = 22500$, et, pour $\omega = 3000$, une impédance de 300 ohms. Aux différentes pulsations suivantes, ils ont respectivement comme impédances :

$\omega =$	3000	5000	7000	10.000	12.500	
circ^t I =	1700	1780	1880	2.110	2.520	ohms,
circ^t II =	800	820	845	985	965	»

Si l'on choisit, pour relier ces deux circuits, un transformateur calculé pour $\omega = 5000$, il aura un rapport de transformation :

$$n = \sqrt{\frac{1780}{820}} = \sqrt{2,\ 17.}$$

On aura ainsi, pour le circuit I, les impédances suivantes vues du côté du circuit II :

$\omega =$	3000	5000	7000	10000	12500,
Z =	785	820	870	972	1160.

En comparant ces valeurs aux impédance du circuit II, on voit que, pour : $\omega = 12500$, la différence est, en centièmes :

$$\frac{1160 - 965}{965} \times 100 = 20.$$

Il en résultera que les courbes d'impédance mesurées aux deux extrémités de la section auront, pour un affaiblissement total $b = 1,3$, des oscillations autour de leur cours normal, dont l'amplitude variera de 6 à 20 % suivant l'emplacement du transformateur de jonction. De telles oscillations sont inadmissibles en pratique. Pour relier des circuits des deux systèmes, il faudrait donc toujours employer des amplificateurs. Par suite, il faudrait souvent intercaler, dans une liaison, plus d'amplificateurs qu'il n'en serait normalement nécessaire. En outre, ces amplificateurs devraient être d'un modèle spécial pour chaque cas

Digitized by Google

particulier, suivant la distorsion et l'impédance de chacun des circuits adjacents.

On a affirmé que, dans l'emploi de câbles en étoile, on pourrait, à cause de leur grande régularité, admettre de plus grandes distances entre amplificateurs, donc un plus grand affaiblissement entre deux amplificateurs consécutifs à deux fils, par exemple $b = 2$ au lieu de la valeur $b = 1, 3$ utilisée jusqu'ici. Sans rechercher si la même régularité ne pourrait pas être obtenue dans le câble D.M., voyons si une plus grande régularité permet un plus grand éloignement des amplificateurs. Il faut considérer que les circuits doivent avoir un certain affaiblissement résiduel indépendant de leur longueur. Le C.C.I des administrations télégraphiques européennes a prévu la valeur : $b = 1, 3$.

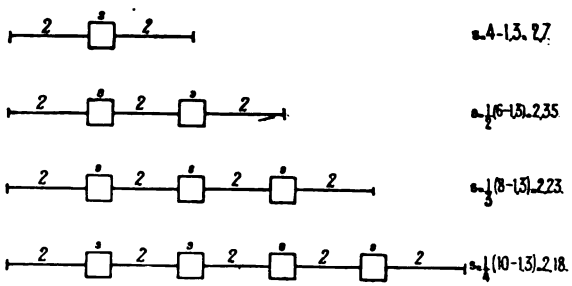


Fig. 9.

Sur la figure 9, nous voyons des circuits de plusieurs sections d'affaiblissement $b = 2$, dont l'affaiblissement résiduel doit être égal à 1, 3. Il en résulte une certaine amplification S pour chaque amplificateur. Il faudrait donc des amplifications différentes suivant la longueur des circuits, d'où des difficultés techniques insurmontables. Pour relier, par exemple, deux circuits au moyen d'un amplificateur sur cordon, il faudrait non seulement adapter son amplification à la longueur du circuit total, mais encore ajuster l'amplification de tous les autres amplificateurs du circuit à une valeur variable dans chaque cas. Un tel mode d'exploitation est pratiquement impossible.

Résumé. — En résumé, toutes les fois que, pour des raisons

Digitized by Google

d'exploitation, on ne peut utiliser les combinés, les câbles en étoile présentent des avantages économiques; mais, pour le trafic à longue distance, les câbles D.M. sont beaucoup plus avantageux, tant au point de vue économique qu'au point de vue technique; d'autre part, l'introduction de câbles en étoile dans le réseau de câbles D.M. déjà en service entraînerait des difficultés considérables.

Digitized by Google

LA QUARTE J. H., NOUVEAU MODE DE FABRICATION DU CIRCUIT A QUATRE FILS (1).

Après des considérations générales sur les moyens de faire servir à plusieurs communications simultanées les circuits métalliques d'un câble téléphonique, on décrit un type de quarte qui a été mis au point par l'A. E. G., et qui présente certains avantages sur la quarte du type D. M..

Les circuits en câbles pour le trafic téléphonique à grande distance, en raison des capitaux investis dans leur installation, représentent une grande valeur. Il a donc paru économique de chercher à obtenir un plus grand nombre de communications qu'il n'y a de circuits réellement présents ; on utilise alors un artifice spécial pour combiner les circuits métalliques qui existent réellement, pour obtenir un nombre plus grand de circuits de conversation.

On sait qu'on peut former une communication à quatre fils au moyen de deux circuits, une communication à huit fils au moyen de deux circuits à quatre fils, et ainsi de suite, en combinant toujours deux circuits de même ordre pour obtenir une communication d'ordre supérieur. Par conséquent, il est possible, étant donné un nombre déterminé d'âmes, d'obtenir un nombre de circuits de conversation double de celui des circuits métalliques, en admettant qu'on emploie la terre comme fil de retour pour le groupe de circuits le plus élevé. Pour éviter l'influence réciproque des circuits, les deux fils doubles qui constituent une communication d'ordre plus élevé sont, d'après le système D. M. bien connu, d'abord tordus chacun sur eux-mêmes et ensuite torsadés l'un autour de l'autre. Les pas

(1) Traduction d'un article d'Otto Haugwitz, paru dans *Elektrotechnische Zeitschrift* (30 juin 1926).

Digitized by Google

doivent être différents pour les fils doubles composants et pour le circuit composé ou quarte. Quand on continue la combinaison, les quadrettes doivent être torsadées pour fournir des circuits à huit fils, les groupes à huit fils pour former des circuits à seize fils, etc..., en ayant soin d'avoir toujours des pas différents.

Comme on ne peut jamais réussir à fabriquer un câble avec assez de précision pour soustraire effectivement les circuits à toute action réciproque et pour éviter la diaphonie, ce à quoi l'on tend par les différences de pas, il est nécessaire d'opérer un équilibrage des dyssymétries résiduelles une fois le câble fini. Et déjà, quand il s'agit de circuits à quatre fils, cet équilibrage n'est pas sans présenter de grosses difficultés. Elles deviennent

Fig. 1. — Sections d'une quarte D. M..

même si grandes quand il s'agit de circuits à huit fils, ou à seize, etc..., que leur exécution sort des possibilités économiques.

Des difficultés presque insurmontables se rencontrent pour les circuits à huit fils, quand il s'agit de la pupinisation comme lorsqu'il s'agissait de l'équilibrage. L'obligation où l'on est de tordre ensemble deux groupes de même ordre pour faire un circuit d'ordre supérieur est défavorable aux opérations de câblage des diverses couches, et par conséquent il est difficile d'avoir une bonne utilisation de l'espace disponible dès que l'on dépasse le câblage à quatre fils. De plus, il faut considérer qu'en cas de défaut il y a un nombre de circuits d'autant plus grand intéressés qu'on est à un degré plus élevé de combinaison.

C'est pourquoi, dans la pratique, on ne dépasse pas le groupement par quartes. La quarte consiste d'ordinaire, comme on l'a dit, en deux paires torsadées réunies en un groupe de quatre. Si l'on considère la quarte D. M. en un point quelconque, on voit que les quatre fils peuvent prendre en coupe toutes les positions relatives imaginables.

Digitized by Google

La figure 1 représente la section d'une quadrette en différents points. En réalité les paires ne conservent naturellement pas leur forme circulaire, mais elles s'aplatissent plus ou moins les unes contre les autres, comme le montre la figure 2. Il ressort clairement de la figure qu'une constitution aussi irrégulière contient toujours beaucoup d'espace inoccupé, ce qui nécessite une section plus grande que celle qui correspond à la superficie réelle en coupe des quatre âmes élémentaires.

Fig. 2. — Position réelle des âmes dans la quarte D.M..

L'encombrement minimum s'obtient en disposant les quatre âmes en forme d'étoile et en les mettant aux angles d'un carré (fig. 3). Cette forme de section, la quarte D. M. ne la possède, étant donné les pas usuels très différents les uns des autres des diverses paires, que sur des chemins de quelques centimètres. On peut, en rapprochant beaucoup les uns des autres les trois pas différents dans la quarte, augmenter ce trajet; mais il faut alors compter sur un accroissement des différences de capacité. La raison en est la suivante : comme le circuit à quatre fils, au moment du câblage, doit passer par un manchon d'assemblage relativement étroit, les quatre fils sont contraints, pour y prendre la position la plus commode, de se placer en étoile. Si la différence de pas des paires individuelles est très petite, les quatre âmes courent en conservant un instant la forme en étoile, jusqu'à ce que le déplacement relatif dû à la différence des pas soit devenu assez grand pour que la tension de torsion ainsi provoquée produise un brusque changement d'emboîtement des fils dans le manchon. Plus la différence des pas est faible, plus il faut de temps pour que la tension de torsion provoque ce déboîtement. Mais cette diminution implique une augmentation d'incertitude sur le moment où le changement se produit, puisque ce processus ne peut être influencé directement; il s'en suit des irrégularités, qui conduisent à des différences de capacité notablement plus défavorables.

Fig. 3. Position des âmes dans la quarte en étoile.

A l'usine de l'A. E. G., on a mis au point un nouveau sys-

Digitized by Google

tème de quartes qui associe les propriétés électriques de la quarte D. M. à une meilleure utilisation du volume, comme dans la quarte en étoile. On évite le désavantage de la quarte D. M., d'avoir un fâcheux accroissement dans les différences de capacité, par un mode de construction nouveau et précis. La nouvelle quarte a été autorisée par le T. R. A. (Office impérial télégraphique) sous le nom de *câblage J. H.* (Jordan Haugwitz), concurremment avec le système D. M., en ce qui concerne la Société allemande de câbles à grande distance.

La quarte J. H. consiste en quatre âmes élémentaires câblées en étoile ; mais, contrairement à ce qui a lieu dans la quarte en étoile, on forme une paire avec deux fils voisins et non avec deux fils en diagonale (fig. 4). Dans cette disposition, il y a naturellement un fort couplage par capacité et également par induction magnétique entre les deux circuits combinants, puisque les deux circuits courent parallèlement. On combat ce couplage en croisant une des paires en un point qui est le milieu d'une section où l'autre paire continue à être lisse (fig. 5). Sur la figure, pour faciliter l'intelligence de la disposition, les circuits sont dessinés l'un à côté de l'autre sans former d'hélice. Le couplage positif

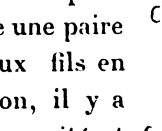


Fig. 4.
Quarte J.H..

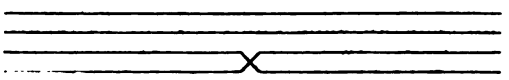


Fig. 5. — Section de croisement dans la quarte J. H..

de la première moitié est compensé par le couplage négatif égal de la deuxième. Il serait possible d'éliminer complètement le couplage du circuit à quatre fils s'il n'y avait, dans chaque longueur de câble, qu'un circuit combinant croisé au milieu ; mais, comme on a à couper le câble en un point quelconque, on détruirait la compensation. Il faut que les intervalles de croisement soit assez courts pour que le couplage d'une section de câble ne puisse prendre une valeur dangereuse. C'est ce qu'on obtient en adoptant, comme intervalle des croisements,

Digitized by Google

environ trois mètres. Par symétrie, on croise tour à tour les deux combinants. La figure 6 montre le principe d'un combiné à quatre fils. Entre les croisements qui ne sont même distants que de quelques centimètres, les quatre âmes élémentaires se comportent comme dans un circuit en étoile. Dans une autre

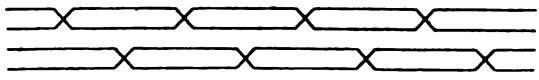


Fig. 6. — Croisements à égale distance pour les deux combinants.

forme d'exécution pour le circuit combiné, les intervalles de croisement dans les deux paires sont différents. De sorte que les points de croisement éprouvent un décalage progressif l'un par rapport à l'autre (fig. 7). L'action est la même que dans un combiné à quatre fils construit symétriquement. Il n'y a aucune influence à redouter du fait que les âmes, au point de croisement, se chevaucheraient constamment dans le même sens, ou

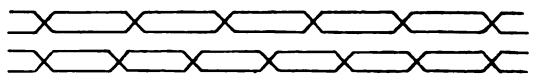


Fig. 7. — Croisements à distances différentes pour les deux combinants.

tantôt dans un sens ou dans l'autre. Pour l'exécution pratique, c'est le dernier cas le plus avantageux. Un combiné à quatre fils de cette nature doit être exécuté avec une extrême précision, et, avant tout, les deux circuits combinants doivent être rigoureusement égaux, en opposition avec la quarte D. M., dans laquelle les différences de pas actuels causent des différences de capacité.

L'amélioration essentielle dans le prix de fabrication de la quarte, en comparaison de la quadrette D. M., qui nécessite, pour le câblage, trois opérations ou l'emploi d'une machine complexe, se trouve réalisée par le fait que la quarte s'obtient par un seul passage à la machine.

Tous les câbles qui, depuis deux ans, ont été livrés par les ateliers de l'A. E. G., pour le réseau de câbles à grande distance

Digitized by Google

de la Société allemande de câbles à grande distance (D. F. K. G.) ont été fabriqués d'après le nouveau système, en maintenant d'ailleurs toutes les prescriptions établies pour le câble D. M.. L'expérience a montré que le nouveau câblage des quartes ne présente aucun désavantage par rapport à la quarte D. M., mais au contraire qu'il a de nombreux avantages, en raison de sa plus grande uniformité et de sa simplicité de fabrication.

Digitized by Google

LE POINT DE VUE ÉCONOMIQUE DANS LA CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES (1).

1. Le bois le plus employé pour les poteaux est le pin (pinus silvestris). Il est bien droit, et pousse précisément dans les contrées où l'extension du téléphone a été le plus marquée. En dehors du pin, on emploie aussi le cèdre, le sapin rouge, le châtaignier et le cyprès, moins en Europe que dans l'Amérique du nord. On emploie aussi des appuis en fer et en béton. Il est à remarquer que, même en Amérique, les cèdres disparaissent par suite des déboisements sans précaution, des incendies de forêts, etc..., et que, là aussi, le pin vient au premier plan.

La question des poteaux deviendra de jour en jour plus pressante, d'une part à cause du déboisement, là où il n'y a pas d'exploitation forestière convenable, d'autre part à cause de l'extension de plus en plus rapide des réseaux téléphoniques, tant dans les agglomérations que dans la campagne. Bien qu'on ait tendance à établir, autant que possible, les lignes en câbles, les besoins en poteaux subsisteront toujours, parce que toutes les lignes ne se prêteront pas à une transformation en lignes souterraines. Les besoins de poteaux nouveaux ne doivent pas être tels qu'on ne puisse y satisfaire ; la question importante sera celle du remplacement des poteaux hors de service.

A cet égard, le créosotage rendra des services. Il double au moins la durée des poteaux en bois de pin : on peut compter qu'un poteau n'ayant subi aucune préparation durera de 7 à 14 ans, et que le même poteau, créosoté, durera de 20 à 30 ans. La durée de croissance d'un pin étant d'environ 25 ans, une exploitation forestière bien conduite permettra de ne pas en manquer.

(1) D'après deux articles de F.-J. Dommerque, parus dans la *Zeitschrift für Fernmeldetechnik* en mars et avril 1926. L'auteur envisage surtout les techniques américaine et allemande.

Digitized by Google

Le créosotage bien fait, sous pression, protège les poteaux non seulement contre l'action mortelle des champignons, mais aussi contre les insectes, en particulier les fourmis. C'est un procédé si vieux et si connu, qu'il n'y a pas lieu d'y insister.

2. Tout arbre renferme un grand pourcentage d'humidité sous forme de sève, pourcentage variable avec l'espèce de l'arbre et l'époque de l'année. La sève contient de l'eau, des substances minérales, et des substances organiques. C'est la décomposition de ces dernières, sous l'action de l'humidité chaude, qui produit la pourriture. On distingue la pourriture sèche et la pourriture humide. La pourriture sèche est due à un champignon qui détruit la cohésion et la résistance à la tension des fibres, et finit par réduire en poussière l'intérieur de l'arbre ou du poteau. La pourriture humide est plus dangereuse. Les poteaux pourrissent, principalement à la surface du sol, par un processus d'oxydation causé par les alternances de sécheresse et d'humidité, et par les variations de température. La région atteinte est d'environ 50 à 60 centimètres, moitié au-dessus, moitié au dessous de la surface du sol. Le temps pendant lequel un poteau peut résister à cette pourriture dépend de l'état du sol : plus le climat est chaud et humide, plus l'établissement et les progrès de la pourriture sont rapides. Pour un poteau non imprégné, les traces d'attaque sont visibles après un petit nombre d'années. Le créosotage s'oppose à cette attaque. Il n'est pas possible de l'éviter complètement, mais on peut, dans les cas favorables, la réduire à 15 % de son étendue primitive.

Comme le créosotage est coûteux, on s'est borné, dans certains pays, à une application de goudron, surtout en Amérique pour les cèdres, qui sont plus durs que les pins. Le procédé a donné des résultats, mais ne s'est finalement pas montré aussi économique que le créosotage.

On a été plus loin, et, puisque la partie du poteau en contact avec le sol donne naissance à l'attaque des champignons, on a pensé à tenir le poteau entièrement hors du sol, de manière que la pourriture ne puisse l'atteindre. C'est ce qu'on obtient

Digitized by Google

au moyen d'un socle en béton. La partie supérieure est séparée de la partie inférieure par une couche de béton bombée (fig. 1),

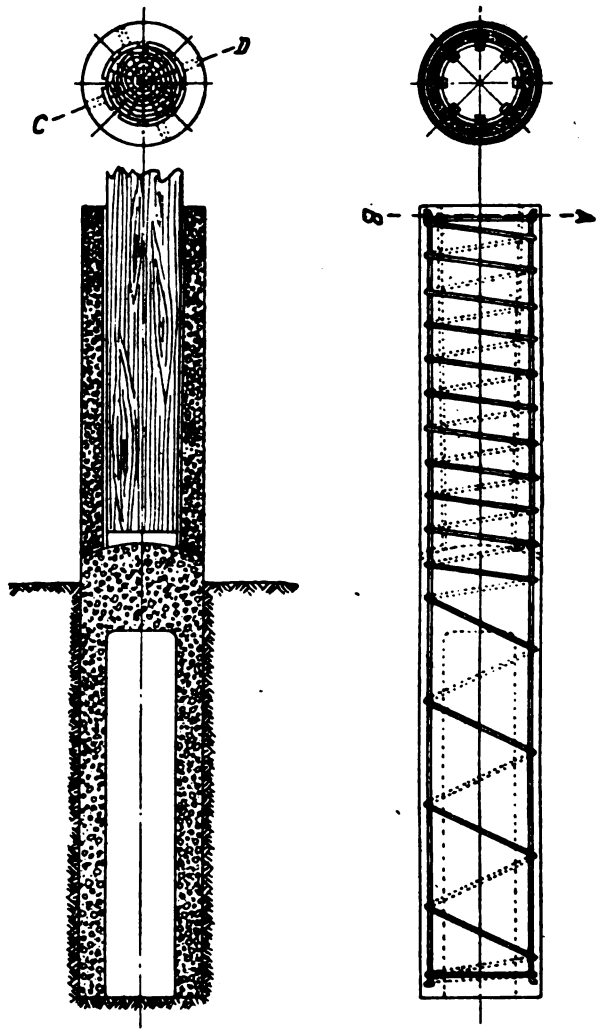


Fig. 1.

avec des trous latéraux pour laisser écouler la pluie, et pénétrer l'air frais. De plus, la partie supérieure est munie de rigoles verticales (visibles sur la coupe A B) pour la ventilation. L'armature se compose de tiges verticales et de fils d'acier enroulés

Digitized by Google

en hélice. Ce dispositif permet de réduire la longueur des poteaux employés, et de réutiliser les poteaux pourris au pied en les sciant et en les plaçant dans le socle. L'idée est intéressante : pour savoir si elle réalise une économie, il faut faire le calcul dans chaque cas particulier.

Aux États-Unis, on a cherché à réaliser des poteaux entièrement en béton. La figure 2 en montre un modèle, en coupe, relatif à un poteau de 7m,50. La section représentée correspond à l'encastrement dans le sol ; la section du poteau diminue en allant vers le sommet. On a essayé ce modèle au moyen d'un câble attaché à 30 centimètres du sommet et tendu au moyen d'un treuil. La tension était lue sur un dynamomètre : l'effort maximum a été trouvé égal à 850 kilogrammes.

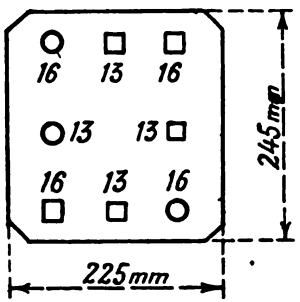


Fig. 2.

Pour savoir s'il y a intérêt à employer, au lieu d'appuis en bois, des appuis de fer ou en béton, il faut faire le calcul, en y tenant compte des frais de transport et d'armement. Il y a intérêt aussi à ne pas perdre de vue qu'un poteau est d'autant plus économique qu'il reste pendant toute sa vie à une seule et même place.

3. L'armement se fait de formes différentes suivant les pays. En Allemagne et dans la plus grande partie de l'Europe, les fils sont portés par des isolateurs de porcelaine, fixés sur des consoles métalliques en col de cygne : les consoles sont vissées sur les poteaux. C'est un procédé bien connu. On connaît un peu moins universellement les lignes constituées au moyen de traverses en fer, chaque appui en portant une ou plusieurs. Les isolateurs sont alors fixés sur des chevilles de fer, fixées sur la traverse, comme on le voit sur la figure 3. On a représenté sur cette figure un appui en fer ; ce pourrait être, évidemment, un appui en bois.

Digitized by Google

Dans l'Amérique du nord, on emploie, pour ainsi dire, exclusivement l'armement par des traverses de sapin, de chêne

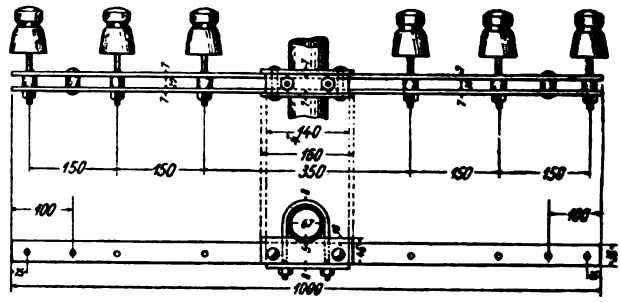


Fig. 3.

ou d'acacia. La figure 4 donne l'aspect d'ensemble d'un appui américain. La traverse C est fixée, au moyen d'un boulon J, dans une entaille B, et munie de deux entretoises en fer G, qui la maintiennent horizontale. Ces entretoises sont fixées en H par un boulon, en I par une vis à bois.

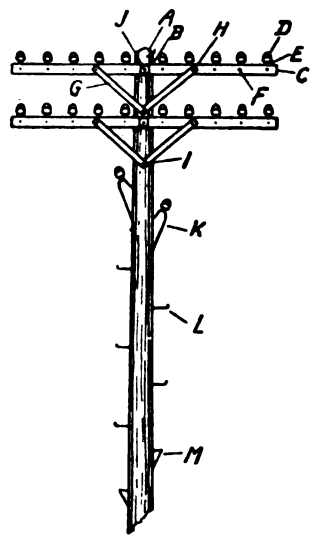


Fig. 4.

Les traverses portent en général 10 isolateurs, à un écartement de 25 à 30 centimètres (40 à 50 centimètres pour les isolateurs de chaque côté de l'appui). Les différentes traverses sont écartées de 60 centimètres. Le nombre de 10 isolateurs est un maximum : il existe des traverses plus courtes qui en portent moins. Si l'on n'a que deux isolateurs à placer, la traverse disparaît : on utilies des chevilles en bois K clouées sur les côtés du poteau, et munies, à l'extrémité libre, d'une vis qui reçoit l'isolateur. On les a portées sur la figure, pour y réunir toutes les possibilités d'emploi d'un appui. On a porté de même les échelons en fer L et en bois M, qu'on utilise seulement dans les villes et sur les po-

Digitized by Google

teaux qui portent une boîte de raccordement. Les échelons en fer sont posés à 30 centimètres, alternativement de part et d'autre du poteau ; les échelons en bois sont posés dans les 3 mètres inférieurs, pour éviter de blesser les passants.

Comme isolateurs, on emploie en Europe, de préférence, des isolateurs en porcelaine, dont la figure 5 donne une coupe. On utilise trois tailles, suivant le diamètre du fil ; le tableau suivant en donne les dimensions :

Diamètre du fil.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Grand	86	141	59	65	45	19	31	21	10	11	6
Moyen	70	100	51	50	30	12	28	17	8	8	5
Petit	60	80	40	35	25	10	20	11,5	7	8	4

Les isolateurs en porcelaine sont, quoique plus chers, préférables aux isolateurs en verre, utilisés en Amérique. La

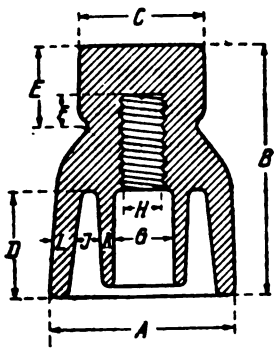


Fig. 5.

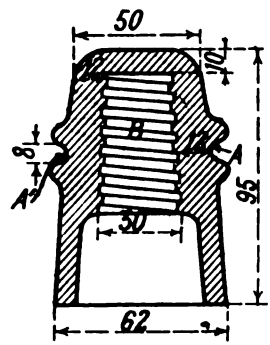


Fig. 6.

figure 6 donne les dimensions de l'isolateur en verre le plus couramment employé. On emploie de préférence du verre blanc, parce que sa transparence éloigne les insectes qui font leur nid dans l'obscurité. On en trouve aussi en verre vert, qui est meilleur marché. Là où il faut un très bon isolement, on emploie aussi, en Amérique, les isolateurs en porcelaine.

4. En ligne droite, les efforts exercés par les fils de chaque côté d'un appui s'égalisent. S'il y a une petite différence de ten-

Digitized by Google

sion, elle est compensée par l'élasticité de l'appui. Dans une ligne en courbe, ou à un appui de bifurcation, il n'en est plus de même, et il faut équilibrer les forces qui s'exercent sur les appuis par des moyens appropriés. La résultante des forces qui s'exercent sur un appui se calcule par la règle du parallélogramme, et l'on suppose, pour plus de simplicité, que tous les fils aboutissant à un appui ou à une traverse partent d'un même point de l'axe du poteau.

Il est intéressant de donner ici les flèches admises dans la pratique. Elles sont représentées sur la figure 7. Les valeurs indiquées correspondent à un coefficient de sécurité de 3, et à un effort de rupture pour le cuivre égal à 43 kilogrammes par millimètre carré à — 10°. Ce sont des valeurs admissibles pour un climat tempéré ; il faudrait les augmenter pour un climat plus rude. En ce qui concerne l'action de la neige, du givre et du vent, il est difficile de les estimer, les conditions météorologiques étant très variables avec les régions. On se règle sur l'expérience. Il ne faut pas oublier que, par grand vent, la neige et le givre ne restent pas sur les fils.

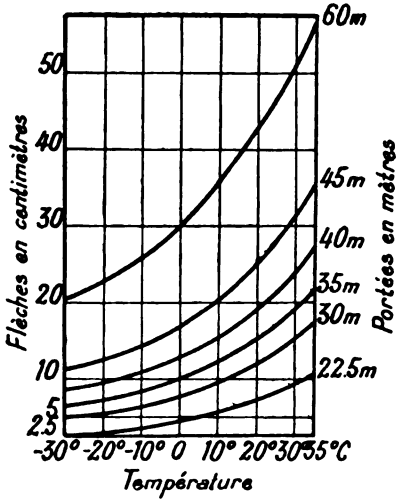


Fig. 7.

Ayant calculé la résultante des forces qui s'exercent sur un appui, on a deux moyens de la compenser : prendre un poteau assez fort pour y résister, ou le consolider. Un moyen avantageux de consolidation consiste à employer des poteaux moisés. La résistance est multipliée par 5 pour un effort contenu dans le plan des axes des deux poteaux, par 2 si l'effort est perpendiculaire à ce plan, et par un nombre compris entre 2 et 5 pour une direction intermédiaire.

Digitized by Google

Tandis que les poteaux moisés avaient une certaine faveur en Europe, on s'est borné en Amérique à utiliser des poteaux uniques consolidés par haubans ou par jambes de force. Par raison de simplicité, on a représenté sur la figure 8 un hauban et une jambe de force appliqués à un seul et même appui.

La force à laquelle peut résister un appui se calcule par la formule : $P = \frac{ASr}{4l}$, dans laquelle :

A est la surface de la section d'encastrement de l'appui,

r le rayon de cette section,

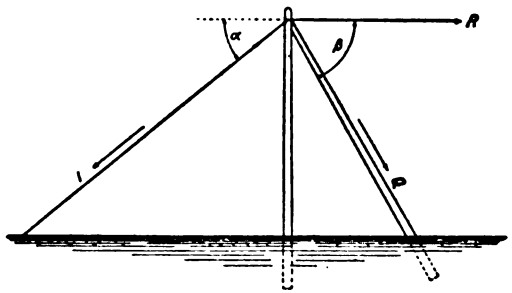


Fig. 8.

S la résistance à la rupture de la matière utilisée, par unité de surface,

et l la hauteur du point d'application de la force.

Cette formule donne la force qui produit la rupture. Pour le bois, on prend un coefficient de sécurité égal à 10.

Une jambe de force ou un hauban fait toujours avec le poteau un certain angle, généralement compris entre 10° et 60°. Plus grand il est, mieux cela vaut. Sur la figure 8, si l'on veut équilibrer la force appliquée R par le hauban, ce dernier supporte une tension $T = \frac{R}{\cos \alpha}$. Si c'est la jambe de force qui équilibre R, elle est soumise à une force de compression $Q = \frac{R}{\cos \beta}$.

On trouve la section à employer pour le hauban, en divisant T par la résistance à la rupture de la matière employée, exprimée en kilogrammes par unité de surface.

Digitized by Google

Le hauban le plus employé en Amérique comprend une tige de fer enterrée et le hauban proprement dit (fig. 9). La tige de fer se termine au-dessus de la surface du sol par une boucle dans laquelle passe un anneau fixé à un ou plusieurs brins de haubans. Le plus souvent, la charge se partage ainsi entre deux ou trois brins, fixés en des points différents du poteau. Dans la terre, la tige passe à travers un tronc d'arbre rond, d'environ

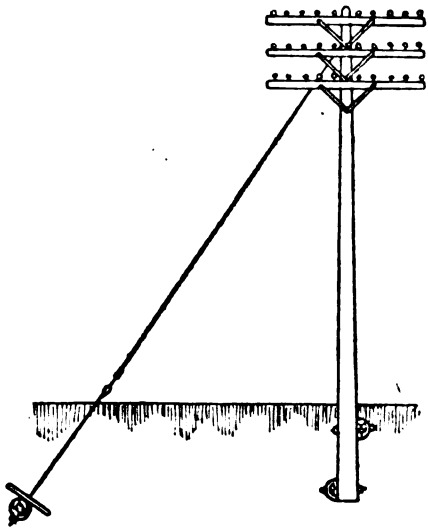


Fig. 9.

2 mètres de long et 30 à 40 centimètres de diamètre. On emploie souvent aussi une planche, comme l'indique la figure, pour augmenter la résistance à l'arrachement. C'est, au fond, l'ancrage le meilleur et le plus sûr. Toutefois, pour diminuer le travail, on a imaginé des ancres se vissant dans la terre ; ces ancres sont utilisables quand l'effort n'est pas trop grand ; elles rendent des services appréciables dans les courbes ; il faut éviter de les employer dans les terrains sableux ou mous.

Pour empêcher les appuis de s'enfoncer dans le sol, on fixe de chaque côté, sous la surface du sol, une forte poutre de $1^{m},50$ à 2 mètres de long (fig. 9).

La figure 10 représente un ancrage dans un tournant à

Digitized by Google

angle droit ; la figure 11, dans une courbe. Il faut ajouter que, sur la figure 10, des haubans supplémentaires sont attachés au dessus de la traverse médiane des appuis 1 et 4, et fixés d'autre part aux pieds des appuis 2 et 3, un peu au dessus de la surface du sol. La figure 12 correspond au cas où il n'y a pas de place pour l'ancrage des haubans; on fixe alors des haubans de la tête de 1 au pied de 2, de la tête de 2 au pied de 3, de la tête de 6 au pied de 5, de la tête de 5 au pied de 4.

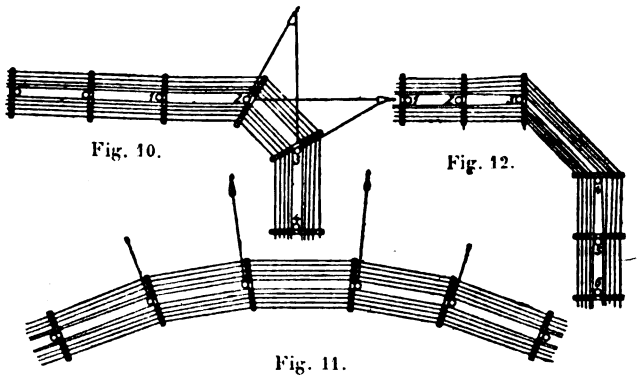


Fig. 10.

Fig. 12.

Fig. 11.

5. Pour les calculs de prix de revient d'une ligne aérienne, comme pour tous les travaux du même genre, il est avantageux de définir les prix unitaires. Dans ce but, on divise la ligne en unités, dont l'ensemble donnera le prix de revient. Les exemples qui suivent montreront comment on procède.

Les prix du matériel et les taux des salaires étant sujets à des variations, il est recommandable de faire une moyenne sur un certain nombre d'années : 5 ans, par exemple.

En ce qui concerne le matériel, il faut compter les frais de transport, de manutention, et de magasinage.

Le taux des salaires exerce une influence considérable sur les méthodes de travail. Là où ils sont bas, il est avantageux d'employer beaucoup de main-d'œuvre ; là où ils sont hauts, il vaut mieux employer des machines. Actuellement (été 1925), les valeurs relatives des salaires sont à peu près les suivantes :

Italie : 1,

Belgique et France : 1,33,

Digitized by Google

I. Prix d'un kilomètre de

Longueur et diamètre au sommet	7m,50	0m,15	9m	6
Matériel.				
Poteaux de ligne	28 à 2,05	= 57,40	28 à 2,65	=
4 poteaux spéciaux (moisés, jambes de force, ancrages de haubans, etc.)		36,90		
Matériel divers (peinture, goudron, échelons en fer et en bois, etc.)		20,20		
Total		114,50		
Imprévu (2 °/₀)		2,29		
		116,79		
Main-d'œuvre.				
Transport		19,30		
Écorçage et émondage au dépôt	7 j. 1/2 à 2,50	= 18,75	9 j. 1/2 à 2,5	
Manutention et distribution du matériel	7 j. 1/2 à 2,00	= 15,00	7 j. 1/2 à 2,0	
Piquetage et pose des poteaux	19 j. à 2,00	= 38,00	23 j. à 2,0	
Peinture	0,45 par appui	= 12,60	0,50 par appu	
Nivellement du sol	56 m. à 0,35	= 19,60		
Révision	1 j. à 2,75	= 2,75		
Surveillance	2 j. à 4,00	= 8,00	2 j. à 4,0	
	3 j. 1/2 à 3,00	= 10,50	4 j. 1/2 à 3,0	
Total		144,50		
Total général		261,29		

II. Prix de 100 traverses montées.

		Bois de sapin.	Bois de pin.
Matériel.			
Traverses à 10 isolateurs	100	à 0,50 = 50,00	à 0,64 = 64,00
Porte-isolateurs en bois	1000	à 0,011 = 11,00	à 0,016 = 16,00
Matériel divers		26,80	26,80
Total		87,80	106,80
Imprévu (2 °/₀)		1,76	2,14
		89,56	108,94
Main-d'œuvre.			
Transport	1 j.	à 4,00 = 4,00	
Manutention (1 homme, 1 jour)	1 j.	à 2,50 = 2,50	id.
Montage (2 hommes, 3 j. 1/2)	7 j.	à 2,50 = 17,50	
Surveillance	1/2 j.	à 4,00 = 2,00	
	1 j.	à 3,00 = 3,00	
Total		29,00	29,00
Total général		118,56	137,94

Digitized by Google

OTEAUX, NON ARMÉE.

,50	0m,18	12m	0m,18	13m,50	0m,18	15m	0m,18
,70	=243,60	28 à 11,00	=308,00	28 à 13,30	=372,40	28 à 16,60	=464,80
	57,60		48,00		53,70		61,90
	32,60		38,80		46,50		52,40
	333,80		394,80		472,60		579,10
	6,68		7,90		9,45		11,58
	340,48		402,70		482,05		590,68
	20,80		22,40		25,50		34,80
à 2,50 =	32,50	13 j. à 2,50 =	32,50	15 j. à 2,50 =	37,50	17 j. à 2,50 =	42,50
à 2,00 =	19,00	9 j. 1/2 à 2,00 =	19,00	11 j. à 2,00 =	22,00	15 j. à 2,00 =	30,00
à 2,00 =	59,00	30 j. à 2,00 =	60,00	40 j. à 2,00 =	80,00	55 j. 1/2 à 2,00 =	111,00
r appui =	15,40	0,60 par appui =	16,80	0,65 par appui =	18,20	0,70 par appui =	19,60
	19,60		19,60		19,60		19,60
	2,75		2,75		2,75		2,75
à 4,00 =	8,00	2 j. 1/2 à 4,00 =	9,00	3 j. à 4,00 =	12,00	4 j. à 4,00 =	16,00
à 3,00 =	13,50	5 j. à 3,00 =	15,00	5 j. 1/2 à 3,00 =	16,50	8 j. à 3,00 =	24,00
	190,55		197,05		234,05		300,25
	531,03		599,75		716,10		890,93

III. Prix de 100 kilomètres de fil posé.

	Fil de 2 mm		Fil de 2mm,6	
Matériel.				
Fil de cuivre....	2880kg à 0,42 =	1210,00	4880kg à 0,42 =	2050,00
Fil à ligature....	39kg à 0,42 =	16,40	65kg à 0,42 =	27,25
Manchons.....	250 à 0,025 =	6,25	250 à 0,025 =	6,25
Isolateursenverre	2500 à 0,015 =	37,50	2500 à 0,020 =	50,00
Total...		1270,15		2133,50
Imprévu (2 %)...		25,40		42,67
		1295,55		2176,17
Main-d'œuvre.				
Transports.....	9 j. 1/2 à 3,00 =	28,50	11 j. à 3,00 =	33,00
Pose du fil.....	93 j. à 2,50 =	232,50	112 j. à 2,50 =	280,00
Surveillance	4 j. 1/2 à 4,00 =	18,00	5 j. 1/2 à 4,00 =	22,00
	9 j. 1/2 à 3,00 =	28,50	11 j. à 3,00 =	33,00
		307,50		368,00
Total général..		1603,05		2544,17

Digitized by Google

Allemagne : 1,66,
Hollande : 2,
Angleterre : 2,5,
Amérique : 5.

Il s'ensuit qu'on dépense plus d'argent en Amérique qu'en Europe pour les machines.

Enfin il faut remarquer qu'il est bien risqué d'établir à l'heure actuelle des prix de revient qui aient chance d'avoir une valeur durable, en raison des oscillations subies depuis la guerre par les prix et les salaires, non seulement dans les différents pays, mais à l'intérieur d'un même pays. Aussi a-t-on pris l'habitude, pour se faire une idée des prix à un moment donné, de les comparer aux prix pratiqués en 1913, et d'exprimer le rapport par un indice. C'est ainsi qu'actuellement (été 1925) l'indice des salaires en Amérique est de 1,6 à 1,75. C'est un chiffre minimum, et qui est considérablement dépassé pour certaines corporations: celle des maçons, par exemple.

Les tableaux des deux pages précédentes donnent les prix de 1913, exprimés en dollars; ce sont des prix relevés en Amérique par l'auteur, à l'occasion des travaux qu'il a exécutés.

Digitized by Google

SERVICE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES TECHNIQUES.

Méthode proposée pour la localisation de défauts sur les lignes (1). — *Généralités* : Diverses méthodes ont été proposées pour localiser un défaut sur une ligne à l'aide de mesures d'impédances faites d'une extrémité de cette ligne. Ces méthodes sont toutes basées sur le relevé des oscillations qu'introduit le défaut dans la courbe impédance-fréquence. Citons entre autre les exposés d'Erikson et Mack dans *The Journal of the institution of electrical engineers* (août 1924), de Küpfmüller dans *Telegraphen- und Fernsprech-Technik* (juin 1922), et de Richard Feldtkeller dans *Telegraphen- und Fernsprech-Technik* (juillet 1925).

Les formules données par ces différents auteurs supposent que la constante de longueur d'onde αl a une valeur élevée, ce qui n'est réalisé que dans les câbles pupinisés.

Une méthode entièrement distincte des préoédentes, reposant directement sur les propriétés des équations du quadripôle et applicable à n'importe quelle sorte de circuit homogène, a été étudiée par le Service d'études.

Cette méthode suppose que les conditions suivantes sont réalisées :

a) Le circuit essayé est normalement homogène ;

b) Son affaiblissement linéique et son impédance caractéristique ont pu être déterminés, dans les conditions normales, antérieurement à l'apparition du défaut ;

c) Son affaiblissement n'est pas trop élevé (inférieur à 1,5) ;

d) Le circuit présente un défaut unique.

Sous ces réserves, la méthode qui va être exposée est rigoureuse, et permet, par deux mesures à une seule fréquence effectuées à chaque extrémité du circuit,

(1 Note remise par MM. Chavasse et Mocquard, ingénieurs.

Digitized by Google

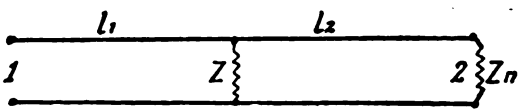
1° de localiser le défaut,

2° d'en déterminer la nature.

1. *Exposé général.* — Trois cas seront successivement examinés, suivant que le défaut se trouve en dérivation sur le circuit étudié, en série sur ce circuit, ou disposé d'une façon quelconque, pourvu toutefois qu'il soit symétrique.

Ces hypothèses, nécessaires pour la détermination de la nature du défaut, ne le sont nullement, comme on le verra dans la suite du calcul, pour la localisation. Celle-ci suppose seulement que le défaut est symétrique, ce qui en pratique est généralement réalisé.

1er cas : Défaut en dérivation. — Soit une dépendance Z en dérivation sur une ligne uniforme d'impédance caractérisque Z_n et de constante de propagation $\gamma = \beta + j\alpha$.



Soient :

U_1 et I_1 la tension et l'intensité à l'extrémité 1 du circuit ;

U et I la tension et l'intensité à l'endroit du défaut ;

l_1 la distance du défaut à l'extrémité 1 ;

l_2 » » » 2.

Mesurons l'impédance vue de l'extrémité 1, l'extrémité 2 étant bouclée sur l'impédance caractéristique Z_n. Les équations du quadripôle sont :

$$\begin{cases} U_1 = U \operatorname{ch} \gamma l_1 + Z_n I \operatorname{sh} \gamma l_1, \\ I_1 = \dfrac{U}{Z_n} \operatorname{sh} \gamma l_1 + I \operatorname{sh} \gamma l_1. \end{cases}$$

Or nous avons : $$U = \frac{Z \cdot Z_n}{Z + Z_n} I.$$

Donc l'impédance mesurée Z_1 sera :

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = Z_n \frac{\dfrac{Z}{Z + Z_n} \operatorname{ch} \gamma l_1 + \operatorname{sh} \gamma l_1}{\operatorname{ch} \gamma l_1 + \dfrac{Z}{Z + Z_n} \operatorname{sh} \gamma l_1}.$$

Digitized by Google

Posant : $$\frac{Z}{Z+Z_n} = \text{th}\,\delta,$$

il vient :

(1) $$Z_1 = Z_n \,\text{th}\,(\gamma l_1 + \delta).$$

De même, l'impédance Z_2, mesurée de l'extrémité 2, l'extrémité 1 étant bouclée sur l'impédance caractéristique Z_n, sera :

(2) $$Z_2 = Z_n \,\text{th}\,(\gamma l_2 + \delta).$$

Les équations (1) et (2) peuvent s'écrire :

$$\begin{cases} \text{(3)} & \gamma l_1 + \delta = \text{Arg th}\,\dfrac{Z_1}{Z_n}, \\ \text{(4)} & \gamma l_2 + \delta = \text{Arg th}\,\dfrac{Z_2}{Z_n}. \end{cases}$$

On peut déduire de ces deux équations deux résultats :

a) L'emplacement du défaut : Par soustraction, on a, en effet :

(5) $$\gamma(l_1 - l_2) = \text{Arg th}\,\frac{Z_1}{Z_n} - \text{Arg th}\,\frac{Z_2}{Z_n}.$$

Connaissant : $\gamma = \beta + j\alpha$, ou même seulement β, et la longueur totale de la ligne : $L = l_1 + l_2$, on en déduit l_1 et l_2, donc l'emplacement du défaut.

b) La nature du défaut : En ajoutant les équations (3) et (4), nous obtenons :

(6) $$\gamma(l_1 + l_2) + 2\delta = \text{Arg th}\,\frac{Z_1}{Z_n} + \text{Arg th}\,\frac{Z_2}{Z_n}.$$

On en déduit δ, donc th δ, et par suite Z, nature du défaut.

2e cas : Défaut en série. — Si l'impédance Z était en série en un point de la ligne, on aurait, dans les équations du quadripôle :

$$U = (Z + Z_n)\, I.$$

Il suffirait de poser : $\dfrac{Z+Z_n}{Z_n} = \text{th}\,\delta$ pour retrouver les mêmes équations.

On voit que les calculs de localisation, au cours desquels δ s'élimine, ne reposent sur aucune hypothèse *a priori* concernant la nature du défaut.

3e cas : Défaut symétrique disposé d'une façon quelconque. —

Digitized by Google

Si l'on appelle, dans ce cas, Z' l'impédance mesurée à l'emplacement du défaut de la ligne supposée bouclée sur son impédance caractéristique, impédance qui est évidemment la même pour les deux sens de propagation, et si l'on pose : $\frac{Z'}{Z_n} = \text{th } \delta$, les équations précédentes ne sont pas modifiées.

La localisation du défaut se fait dans les mêmes conditions que pour les deux cas particuliers ci-dessus. On peut de même connaître la valeur de Z' ; mais il est impossible de préciser, sans hypothèse préalable, quelle est la nature exacte du défaut.

Les calculs pratiques de localisation, en apparence compliqués, peuvent être exécutés très rapidement. En égalant les parties réelles des deux membres de l'équation (5), on obtient en effet :

$$\beta (l_1 - l_2) = b_1 - b_2,$$

b_1 et b_2 étant des expressions de même forme que des affaiblissements. Or le Service d'études exécute en ce moment le tracé d'abaques permettant d'obtenir très rapidement les expressions de cette forme.

Le calcul de la nature du défaut, tout en étant plus compliqué, peut cependant être conduit de façon assez simple ; il exige la connaissance de la constante de longueur d'onde α du circuit considéré.

2. *Applications expérimentales.* — Deux séries de mesures ont été faites sur les câbles du réseau de Paris, d'un millimètre de diamètre, l'une sur une boucle d'environ $22^{km},5$ (laboratoire du Service d'études, Gutenberg, Laborde, Nord, Gutenberg, Archives, Ségur, laboratoire), l'autre sur une boucle plus courte, d'environ $11^{km},6$ (laboratoire du Service d'études, Gutenberg, Archives, Ségur, laboratoire).

1° Circuit de $22^{km},5$. — *a*) Défaut constitué par une capacité d'un microfarad en dérivation, au bureau de Laborde. On avait mesuré au préalable les coefficients d'affaiblissement des deux sections afin d'évaluer en affaiblissements les distances exactes du défaut.

On avait :

à la fréquence de 800 : $\beta l_1 = 0,4229$, $\beta l_2 = 1,0148$, $\beta (l_1 - l_2) = -0,6219$;

à la fréquence de 1600 : $\beta l_1 = 0,5897$, $\beta l_2 = 1,4221$, $\beta (l_1 - l_2) = -0,8324$.

Digitized by Google

Les mesures de localisation donnèrent les résultats suivants :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : b_1 = 0{,}7215, \quad b_2 = 1{,}3318, \quad b_1 - b_2 = -0{,}6103 ; \\ \text{à } 1600 : b_1 = 0{,}8061, \quad b_2 = 1{,}6463, \quad b_1 - b_2 = -0{,}8402. \end{cases}$$

L'affaiblissement total mesuré du circuit étant :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : \beta(l_1 + l_2) = 1{,}475, \\ \text{à } 1600 : \beta(l_1 + l_2) = 2{,}006, \end{cases}$$

la précision de la localisation, $\frac{b_1 - b_2 - (\beta l_1 - \beta l_2)}{\beta(l_1 + l_2)}$, était :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : \dfrac{0{,}6219 - 0{,}6103}{1{,}475} = 0{,}8 \ \%, \\ \text{à } 1600 : \dfrac{0{,}8402 - 0{,}8324}{2{,}006} = 0{,}39 \ \%; \end{cases}$$

soit, puisque le circuit a environ $22^{km},5$:

$$\begin{cases} 180^m \text{ à } 800 \text{ périodes}, \\ 88^m \text{ à } 1600 \text{ périodes}. \end{cases}$$

b) Défaut constitué par une bobine de self de 48^{mH} et de 30 ohms en série, au bureau de Laborde.

Résultat des mesures :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : b_1 = 1{,}0426, \quad b_2 = 1{,}6458, \quad b_1 - b_2 = -0{,}6032 ; \\ \text{à } 1600 : b_1 = 0{,}649 , \quad b_2 = 1{,}4891, \quad b_1 - b_2 = -0{,}8401. \end{cases}$$

Précision de la localisation :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : \dfrac{0{,}6219 - 0{,}6032}{1{,}475} = 1{,}3 \ \%, \text{ soit } 292^m, \\ \text{à } 1600 : \dfrac{0{,}8401 - 0{,}8324}{2{,}006} = 0{,}39 \ \%, \text{ soit } 88^m. \end{cases}$$

2° Circuit de $11^{km},6$. — *a*) Défaut constitué par une capacité d'un microfarad en dérivation, à Gutenberg.

Les coefficients d'affaiblissement des deux sections étaient ;

$$\begin{cases} \text{à } 800 : \beta l_1 = 0{,}2215, \quad \beta l_2 = 0{,}5526, \quad \beta(l_1 - l_2) = -0{,}3311 ; \\ \text{à } 1600 : \beta l_1 = 0{,}3049, \quad \beta l_2 = 0{,}7547, \quad \beta(l_1 - l_2) = -0{,}4498. \end{cases}$$

L'affaiblissement total mesuré du circuit était :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : \beta(l_1 + l_2) = 0{,}775 ; \\ \text{à } 1600 : \beta(l_1 + l_2) = 1{,}059. \end{cases}$$

Digitized by Google

Résultat des mesures :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : b_1 = 0{,}5045, \quad b_2 = 0{,}8340, \quad b_1 - b_2 = -0{,}3295 ; \\ \text{à } 1600 : b_1 = 0{,}5102, \quad b_2 = 0{,}9616, \quad b_1 - b_2 = -0{,}4514. \end{cases}$$

Précision de la localisation :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : \dfrac{0{,}3311 - 0{,}3295}{0{,}775} = 0{,}2\ \%, \text{ soit } 23^{m} ; \\ \text{à } 1600 : \dfrac{0{,}4514 - 0{,}4498}{1{,}059} = 0{,}16\ \%, \text{ soit } 18^{m},50. \end{cases}$$

b) Défaut constitué par une bobine de self de 48^{mH} et de 30 ohms en série, à Gutenberg.

Résultat des mesures :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : b_1 = 0{,}8236, \quad b_2 = 1{,}1577, \quad b_1 - b_2 = -0{,}3341 ; \\ \text{à } 1600 : b_1 = 0{,}3601, \quad b_2 = 0{,}8173, \quad b_1 - b_2 = -0{,}4572. \end{cases}$$

Précision de la localisation :

$$\begin{cases} \text{à } 800 : \dfrac{0{,}3341 - 0{,}3311}{0{,}775} = 0{,}4\ \%, \text{ soit } 46^{m},50 ; \\ \text{à } 1600 : \dfrac{0{,}4572 - 0{,}4514}{1{,}059} = 0{,}6\ \%, \text{ soit } 69^{m},50. \end{cases}$$

3. *Nature du défaut* : Le calcul de la nature du défaut, bien que moins important, a donné aussi des résultats satisfaisants.

C'est ainsi que, sur le circuit de $22^{km},5$, à la fréquence 800, on a obtenu :

a) dans le cas de la capacité en dérivation :

$$\begin{cases} \text{module de } Z : 213^{O},4, \\ \text{arg}^{t} \text{ de } Z : -102^{G},6, \end{cases}$$

alors que les valeurs réelles étaient :

$$\begin{cases} \text{module de } Z : 198^{O},5, \\ \text{arg}^{t} \text{ de } Z : 100^{G} ; \end{cases}$$

b) dans le cas de la bobine de self en série, on a obtenu :

$$\begin{cases} \text{self} : 48^{mH},9, \\ \text{résistance} : 26 \text{ ohms}, \end{cases}$$

alors que les valeurs réelles étaient :

Digitized by Google

$$\begin{cases} \text{self} : & 47^{\text{mH}},5, \\ \text{résistance} : & 30^{\Omega},5. \end{cases}$$

Conclusions. — La méthode qui vient d'être exposée pour la localisation d'un défaut accidentel est basée sur l'exécution de deux mesures très simples à une seule fréquence. Les calculs peuvent être exécutés très rapidement (en quelques minutes) grâce à l'emploi d'abaques d'un caractère général, actuellement en préparation au Service d'études. Des vérifications expérimentales ont pu être faites dans le réseau souterrain de Paris, sur deux circuits qui n'étaient cependant pas parfaitement homogènes, puisque le rapport des impédances caractéristiques d'entrée et de sortie était de :

$$1{,}008.e^{j\times 0{,}0016} \text{ pour le circuit de } 22^{\text{km}},5,$$

$$\text{et } 1{,}025.e^{-j\times 0{,}0243} \text{ pour le circuit de } 11^{\text{km}},6.$$

Malgré ces conditions, préjudiciables au succès de la méthode, les résultats obtenus ont été très satisfaisants.

Digitized by Google

INFORMATIONS.

Les régulateurs de vitesse à force centrifuge. — Les problèmes que pose la mécanique se renouvellent ; et, comme les solutions pratiques sont limitées, il n'est pas surprenant de voir surgir à certains intervalles des dispositifs analogues.

Nous avons décrit, il y a quelques mois, le régulateur Doignon-Mendonça-d'Oliveira pour appareil télégraphique Baudot. On pourrait utilement établir une comparaison avec un appareil destiné à la mesure de la vitesse des obturateurs qui fut présenté par M. René Audra à la séance du 4 décembre 1896 de la Société de photographie, et qui était construit par la maison Carpentier, à laquelle nous devons la notice suivante.

Un disque fixe est perforé suivant deux circonférences concentriques voisines, de façon qu'aux pleins de la circonférence extérieure correspondent exactement ceux de la circonférence intérieure. Si, devant ce disque fixe, on en fait tourner un second ne présentant qu'une fente de largeur égale à celle des trous et de longueur suffisante, on démasquera successivement tous les trous pendant un temps constant, et, si l'on opère devant un fonds bien éclairé, on pourra recueillir, sur une plaque sensible, des images dont le nombre traduira la vitesse de l'obturateur employé.

Si, par exemple, le nombre de trous est de 50 pour chaque circonférence, le cercle se trouve partagé en 100 secteurs, dont chacun sera caractérisé par un point, et, si le disque mobile tourne à raison de 5 tours par seconde, chaque point correspondra à $\frac{1}{500}$ de seconde.

Le disque mobile pourrait simplement être commandé par une courroie, à l'aide d'une manivelle à main à laquelle on ferait faire un tour par seconde, régularité qui peut s'obtenir très facilement. Mais M. Carpentier, qui avait exécuté l'appareil présenté à la Société, y avait ajouté un dispositif ingénieux assurant d'une façon automatique la constance de la vitesse.

Digitized by Google

Le disque mobile est fou sur l'arbre et porte une lame de ressort en arc de cercle terminée par une masselotte que traverse une vis. Cette vis frotte sur la tranche d'un disque auxiliaire, qui seul est commandé par la manivelle. Dans ces conditions, voici ce qui se passera si l'on tourne de plus en plus vite. D'abord le disque mobile et le disque auxiliaire seront solidarisés par la pression de la vis. Mais, dès que la vitesse atteindra et tendra à dépasser celle qui correspond

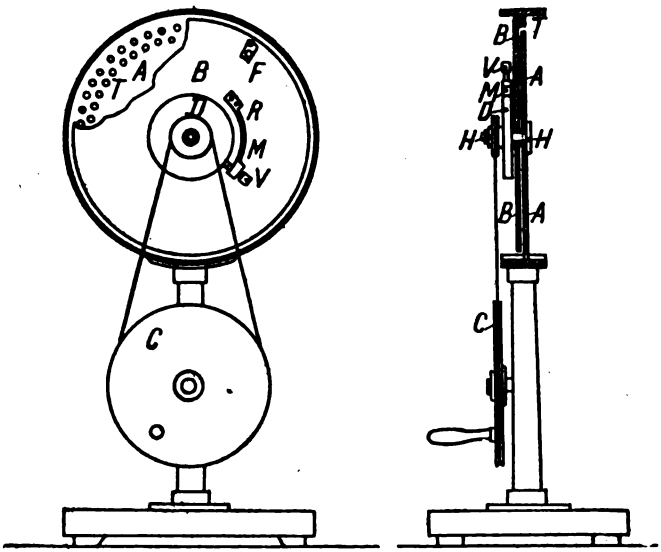


Fig. 1. — A, disque perforé en T ; B, disque mobile perforé en F, fou sur l'axe H ; D, disque monté sur H, commandé par un disque C à manivelle ; V, vis frottante s'appuyant sur D et montée sur la masselotte M ; M, masselotte terminant le ressort R, fixé au disque mobile B.

à la tension du ressort, la force centrifuge vaincra celui-ci, la masselotte s'écartera, le frottement de la vis s'affaiblira, et la vitesse tombera. Il s'établira ainsi un équilibre de régime, assurant au disque mobile une vitesse constante et réglable à volonté : chaque point pourra donc correspondre à une fraction déterminée de seconde.

L'approximation des indications de cet appareil étant évidemment égale à cette fraction, il semble qu'il y ait avantage à réduire celle-ci le plus possible. Mais il faut compter avec le rendement de l'obturateur : cette imperfection tend à obscurcir les premières et les dernières images, au point de les rendre indécises si on les multiplie

Digitized by Google

trop. Le cinq-centième de seconde donne de bons résultats, sauf à pousser au millième pour des obturateurs extra-rapides.

La gradation des teintes des images pouvait d'ailleurs donner des indications utiles, sinon très précises, sur la qualité du rendement.

Le dispositif en question était considéré comme recommandable pour sa simplicité quand il s'applique à des phénomènes de courte durée. Mais, comme la constance de vitesse qu'il procure dépend de la constance d'un certain coefficient de frottement, on n'en recommandait pas l'emploi pour des actions de longue durée, et les ateliers Carpentier lui préféraient le régulateur Baudot, quand il s'agit d'une vitesse fixe et immuable, ou la roue phonique quand il s'agit d'une vitesse constante modifiable.

Le Gérant,

LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

Digitized by Google

JAN 1 1927

15e ANNÉE. — N° 12. DÉCEMBRE 1926. PRIX : 6 fr.

ANNALES DES POSTES TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

ORGANE MENSVEL PVBLIÉ PAR LES SOINS
D'VNE COMMISSION NOMMÉE PAR M. LE MINISTRE
DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES.

LIBRAIRIE
DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
3 RUE THÉNARD PARIS, Ve.

Prix de l'Abonnement annuel : France..... 80 francs. Étranger..... 100 francs.

Digitized by Google

COMMISSION DES ANNALES

DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

AVIS.

Les manuscrits adressés aux *Annales* sont soumis à l'examen d'une commission dite *Commission des Annales des Postes et Télégraphes.*

Cette commission se réunit à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes, 20, rue Las Cases, Paris, VIIe.

Membres de la Commission :

M. Pomey, Directeur de l'École Supérieure, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, Président.

M. A. Blondel, Membre de l'Institut, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Le général Ferrié, Membre de l'Institut, Inspecteur Général de la Télégraphie Militaire, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Abraham, Professeur à la Sorbonne, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

M. Gutton, Professeur à la Faculté des sciences de Nancy, Membre du Comité technique des Postes et Télégraphes.

Les directeurs du Personnel, de l'Exploitation Télégraphique et de l'Exploitation Postale à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Milon, Professeur à l'École Supérieure, Directeur de l'Exploitation Téléphonique.

M. Ferrière, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes

M. Augier, Inspecteur Général des Postes et Télégraphes.

M. Diano, Directeur des Postes et Télégraphes.

M. Saunier, Chef de bureau à l'Administration centrale des Postes et Télégraphes.

M. Reynaud-Bonin, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

M. Valensi, Professeur à l'École Supérieure, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

MM. Cauchie, Inspecteur des Postes et Télégraphes, et Lavoignat, Contrôleur des Postes et Télégraphes, Secrétaires

M. Pauly, Rédacteur des Postes et Télégraphes, Secrétaire adjoint.

NOTA. La *Commission des Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* n'est en aucune façon responsable des opinions émises et des théories développées par les auteurs ; elle ne s'immisce pas dans les questions de priorité.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

La poste aux armées au XVIIIe siècle, à propos de l'expédition de Minorque, par J.-W. Padovani, rédacteur breveté des Postes et Télégraphes 997

Dispositif d'appel sur les longues lignes reliées à un multiple télégraphique, par J.-H. Gosselin, ingénieur des Postes et Télégraphes 1001

Courbe de décharge de quelques éléments de pile à dépolarisation par l'air, par E. Reynaud-Bonin, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes 1014

Téléphonie automatique 1018

La technique de l'aviation, par J.-B. Pomey, inspecteur général des Postes et Télégraphes 1027

L'aviation postale aux Etats-Unis d'Amérique, par Jacques Bréguet 1039

Télégraphie sur longs circuits bifilaires en conducteurs de petit diamètre par le système duplex à relais polarisés de l'International standard electric corporation, par J. H. Bell, R. B. Shanck et D. E. Branson 1048

Revue des périodiques: Un condensateur colloïde.

Informations et variétés : Timbres-poste tchécoslovaques. — Règles des signes. — Heures libres. — Albert Cim. — Léon Thévenin. — Mort de Charles E. Scribner. — Concours pour l'admission à la 1re section de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes (mai 1926) : sujets des épreuves écrites. — Concours pour l'admission à la 2e section de l'École professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes (octobre 1926) : sujets des épreuves écrites. — Examen pour l'admission à l'emploi de sous-ingénieur du service de la téléphonie automatique (octobre 1926) : sujets des épreuves écrites.

Bibliographie.

Digitized by Google

Digitized by Google

LA POSTE AUX ARMÉES AU XVIIIe SIÈCLE, à propos de l'expédition de Minorque,

Par J.-W. PADOVANI,
Rédacteur breveté des Postes et Télégraphes.

Le 15 mars 1756 le Conseil du roi s'assembla à Choisy, et prit la résolution d'enlever l'île de Minorque par un coup de main avant que les Anglais n'aient eu le temps d'en organiser la défense, et que leur flotte n'ait pu rallier les quelques vaisseaux croisant autour des Baléares. Le duc de Richelieu se fit confier l'expédition, le marquis de la Galissonnière, lieutenant général des armées navales, reçut du roi des instructions pour conduire le corps expéditionnaire dans les eaux de Minorque sans compromettre l'escadre dont il avait le commandement, ni l'armée qu'il était chargé de convoyer.

La campagne devait durer trois mois, et se terminer par la reddition de Port-Mahon. Elle offre quelque intérêt pour tous ceux que préoccupe l'évolution de la poste à travers les temps. A l'étudier de près (1), nous allons saisir sur le vif les méthodes de travail des fermiers généraux.

Les troupes poussent activement les travaux de siège ; Paris est tenu au courant de la marche des opérations. De quelle façon la liaison avec la France est-elle assurée ? Le sieur Barthe fait fonction de directeur des postes à la suite des armées. Trois fois par semaine, Paris adresse le courrier pour Minorque aux maîtres de poste des ports de Toulon et de Marseille. Ceux-ci, à leur tour, l'insèrent dans un sac, et le confient à un convoyeur, embarqué à bord des bâtiments de l'État exécutant un service de navette entre la France et les Baléares.

Mais, dès le début de l'opération militaire, les commandants

(1) D'après les *Mémoires* du duc de Richelieu, et Ed. Thoiry, *L'expédition de Port-Mahon.*

Digitized by Google

en chef se virent assaillis de réclamations de la part des officiers. Elles visent d'une part l'élévation de la taxe des lettres, d'autre part les fréquents retards dans le service de la distribution. Le duc de Richelieu prie la cour d'intervenir.

Mis en cause, le fermier général prit le parti d'envoyer à Minorque le sieur Jamont, contrôleur provincial, pour inspecter le service du sieur Barthe ; et ici ne soupçonne-t-on pas comme une ébauche de notre grand service de l'inspection générale ?

En outre, ledit fermier adresse un rapport au roi. Ce rapport nous apprend que le nouveau tarif du service des postes, arrêté vers la fin du règne de Louis XIV en 1703, avait négligé de prévoir les guerres lointaines ou en dehors du continent. Pendant la guerre de la succession d'Espagne, à défaut de tarif, la taxe des lettres avait été fixée à 12 et 14 sols, suivant les lieux de la péninsule où se trouvaient les armées françaises. L'ancienne compagnie n'ayant laissé aucun vestige de sa régie, le fermier actuel n'avait pu savoir quelle avait été, à cette époque, la taxe des lettres lors de l'expédition de Majorque. Pour avoir une base, il avait considéré Minorque comme dépendant de la Catalogne, et il avait fixé le prix du port des lettres à 7 sols de Paris à Toulon, et à 5 sols de Toulon à Minorque, en tout 12 sols pour une distance plus considérable que celle de Paris à Collioures, ville frontière, qui payait les siennes 12 sols.

Le fermier général faisait encore remarquer que le transport des lettres était toujours fait aux frais du roi à partir des frontières.

Pour les retards, la ferme déclinait toute responsabilité : les lettres, disait-elle, partaient de Paris trois fois par semaine pour Toulon, où elles arrivaient de toute la France pour Minorque ; elles quittaient le port de Provence sitôt que le vent le permettait, et leur arrivée à destination dépendait également de l'état de la mer pendant la traversée.

Ce rapport est précieux. Il nous indique que le tarif de 1703 ne comportait aucune disposition spéciale visant la troupe en campagne. Rien qui ressemblât, de près ou de loin, à notre

Digitized by Google

franchise militaire ; aucun analogue à nos tarifs spéciaux visant les correspondances adressées aux militaires ou marins aux colonies ou dans les stations lointaines, et acheminées par les navires français, Au surplus, la ferme se hâtait d'affirmer son irresponsabilité quant aux retards auxquels pourraient être exposées les lettres, du chef des vents et de la traversée de la mer.

La mission de M. Jamont et le rapport du fermier général n'eurent pas pour conséquence l'arrêt du dépôt des réclamations. Désireux de contraindre la ferme à provoquer des mesures énergiques forçant ses employés à remplir leur mission avec plus d'exactitude, et excédé du pullulement des plaintes, le duc de Richelieu écrivit le 21 juin à M. d'Argenson : « Toute l'armée se plaint infiniment, Monsieur, du désordre qu'il y a dans les postes. Plus on est éloigné des nouvelles, plus on désire en avoir de sa famille et de ses affaires : cependant personne ne reçoit de lettres, si ce n'est de temps en temps et par hasard, sans ordre ni règle. Il y a même des gens, qui ont des correspondances dont les lettres sont numérotées, qui ont reçu les quatre ou cinq premières et puis la quatorzième sans avoir reçu celles qui étaient entre deux. J'ai écrit à Toulon et à Marseille sans avoir eu aucune bonne raison. Il y a un article qui a encore extrêmement affligé : c'est qu'on fait payer les lettres 5 sols, au moins, d'augmentation de prix, pour le trajet de Toulon et de Marseille ici, quoique les lettres soient portées dans des bâtiments qui n'appartiennent en aucune façon à la poste et qui n'exigent aucun soin de sa part. Il faut convenir qu'il n'y a aucune raison à cela, que celle du plus fort, puisque le maître de la poste de Toulon et de Marseille, les remettant dans un sac à un homme commis ici, et en recevant le prix, paraît n'avoir aucun mal ni peine qui mérite cette augmentation, pénible pour de pauvres officiers, à qui cela ne laisse pas de faire quelque différence, ce qui cause dans toute l'armée un murmure et un mécontentement que je ne puis pas vous dire, et dont je reçois les plaintes continuelles. »

Le secrétaire d'État à la Guerre, dès le 24 juin, répondait au duc de Richelieu : « J'ai communiqué, Monsieur, aux inten-

Digitized by Google

dants des postes les lettres que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire sur les plaintes portées, de ce que les lettres destinées pour l'armée que vous commandez n'étaient pas remises exactement, et que la taxe en était trop forte. Pour ce qui concerne la remise des lettres, ils m'ont fort assuré qu'on avait fait toujours partir de Paris, régulièrement trois fois par semaine, toutes celles qui sont adressées à Minorque. Quant à la taxe des lettres, je me suis fait rapporter les règlements de 1703 et le tarif sur lequel les fermiers des postes se sont crus autorisés à percevoir 5 sols d'augmentation. Sa Majesté a décidé qu'ils ne prendraient que deux sols par delà la taxe qui est réglée de Paris aux différents ports par lesquels elles passeront, moyennant quoi celles qui passeront par la voie de Marseille paieront 9 sols, par la voie de Toulon 10 sols, et par celle de Collioures et les autres ports du Roussillon 12 sols. »

Une telle correspondance est d'un grand prix. Indépendamment de la lumière qu'elle projette sur la gestion des fermiers généraux, elle nous aide à comprendre toute l'importance d'une rationnelle organisation d'un service postal aux armées. La Galissonnière, Richelieu insistent à différentes reprises sur la mauvaise humeur suscitée par les retards et les tarifs exorbitants ; ils s'indignent de tant d'argent gagné sans peine ; mais que faire ? les fermiers généraux sont les plus forts.

Digitized by Google

DISPOSITIF D'APPEL SUR LES LONGUES LIGNES RELIÉES A UN MULTIPLE TÉLÉGRAPHIQUE.

Par J.-H. GOSSELIN,
Ingénieur des Postes et Télégraphes.

---

1. Description sommaire d'un multiple télégraphique. — Le multiple télégraphique est un meuble commutateur installé généralement dans les grands centraux et dont le but est d'éviter les réceptions et retransmissions des télégrammes transmis par un bureau relié au central à destination d'un autre bureau également relié au central.

C'est ainsi que, dans la région du nord, qui comprend les quatre départements du Nord, du Pas-de-Calais, de la Somme et de l'Aisne, tous les bureaux de la région qui sont reliés à Lille peuvent être mis en liaison directe entre eux par un multiple télégraphique installé au bureau de Lille-Central ce qui allège considérablement le trafic intense écoulé par ce bureau.

Le principe général d'un multiple télégraphique est très semblable à celui d'un multiple téléphonique, les abonnés du téléphone étant représentés par les bureaux télégraphiques reliés au meuble ; mais on conçoit que des différences sensibles dans l'installation pratique soient motivées par les différences dans les conditions d'exploitation. Ainsi le nombre total de bureaux reliés à un multiple télégraphique est de l'ordre de 200 au lieu des 5 à 10 milliers d'abonnés d'un multiple téléphonique. D'autre part, l'agent d'un bureau télégraphique ne peut attendre la réponse du multiple dans les mêmes conditions qu'un abonné. Enfin les longueurs des lignes, toujours aériennes, rendent impossible l'emploi de la batterie centrale dans un multiple télégraphique régional.

Nous allons donc décrire rapidement l'installation et le mode d'exploitation d'un tel meuble.

Digitized by Google

Le principe des appels est le suivant. Le bureau demandeur est muni d'un organe appelé *bouton d'appel et de fin*. Lorsque l'agent désire appeler le multiple pour lui demander le numéro d'un autre bureau pour lequel il a un télégramme en instance,

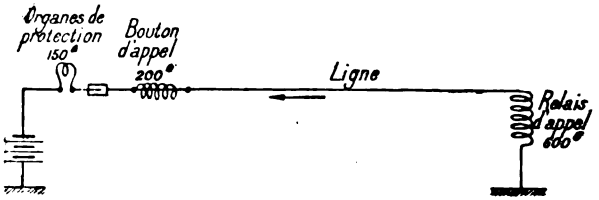


Fig. 1. — Appel.

il relève un levier faisant partie du bouton d'appel et de fin, et qui commande un commutateur inverseur. Ce dernier produit l'envoi sur la ligne, par un moyen facile à imaginer, d'un courant négatif qui, au multiple, traverse un relais d'appel et provoque l'allumage d'une lampe sur le jack local du bureau, demandeur. De plus, le courant d'appel traverse l'enroulement d'un électro-aimant placé dans le bouton d'appel et qui maintient relevé l'index de ce bouton.

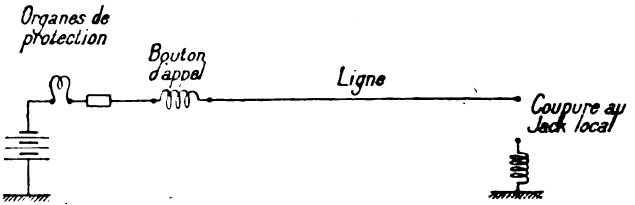


Fig. 2. — Réponse de l'opératrice et rupture de la communication.

L'agent peut alors s'occuper du classement des télégrammes, de la tenue de son procès-verbal, etc..., pendant qu'il attend la réponse de l'opératrice du multiple à son appel.

Cette réponse se fait par l'enfoncement d'une fiche dans le jack du bureau, et les ressorts de ce jack sont disposés de manière que la ligne se trouve coupée pendant l'enfoncement de la fiche.

Le courant d'appel cesse donc de passer sur la ligne pendant

Digitized by Google

un certain temps, assez court, mais suffisant pour que l'électro-aimant du bouton d'appel abandonne le levier du commutateur inverseur. Ce levier retombe sur un timbre et prévient ainsi l'agent du bureau que l'opératrice attend l'envoi du numéro du bureau demandé. En même temps, le commutateur-inverseur, en retombant dans sa position de repos, met hors circuit l'enroulement de l'électro-aimant du bouton d'appel et inverse le courant de la pile.

La transmission du numéro demandé a alors lieu en courant positif et arrive sur un parleur placé devant l'opératrice

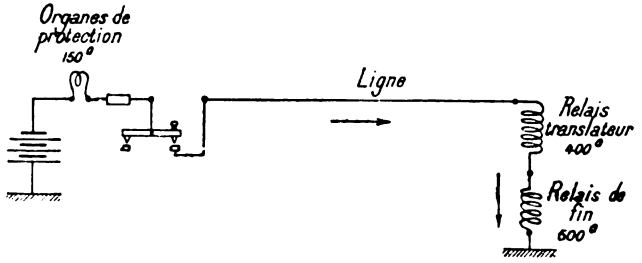


Fig. 3. — Transmission.

du multiple. Celle-ci établit la communication en enfonçant la seconde fiche de son dicorde dans le jack du bureau demandé. Le nombre de position d'opératrice et le nombre de lignes étant peu importants, tous les jacks sont munis de lampes d'occupation, ce qui supprime le test. Sur chaque fil du dicorde, sont montés en série, d'une part, un des relais d'une translation télégraphique et d'autre part un relais de fin polarisé. De plus, un circuit local de troisième fil comporte un relais de coupure à la manière ordinaire.

Les courants positifs de transmission traversent le relais de fin ; mais ce dernier, étant polarisé, n'est pas sensible au courant positif.

Lorsque l'échange des télégrammes en instance entre les deux bureaux est terminé, chacun de ces bureaux donne le signal de fin à l'opératrice du multiple, en relevant le levier de son bouton d'appel et de fin. L'inverseur commandé par ce levier produit l'envoi sur la ligne d'un courant négatif, qui

Digitized by Google

actionne le relais de fin et provoque l'allumage des lampes de fin du dicorde sur le keyboard de l'opératrice.

Lorsque celle-ci coupe la communication, les électro-aimants des boutons d'appel et de fin abandonnent les leviers des commutateurs inverseurs et avertissent les bureaux que

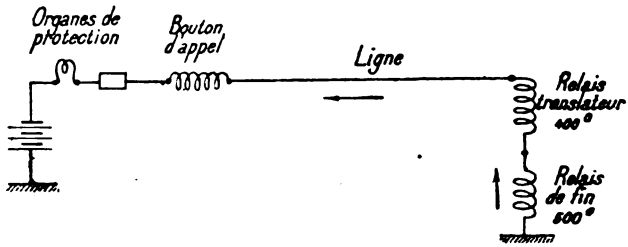


Fig. 4. — Signal de fin.

leur liaison est coupée. Tout retombe ainsi au repos et les bureaux peuvent faire de nouveaux appels.

En résumé, pendant les différents stades d'une communication, les organes en série sur la ligne sont indiqués sur les figures 1, 2, 3 et 4.

2. Difficulté rencontrée dans les appels. — Le fonctionnement du bouton d'appel et de fin d'un bureau relié à un multiple télégraphique cause des difficultés dans le cas où la ligne de transmission est d'une longueur relativement grande. Dans ce cas, en effet, le courant de perte à la terre par temps humide devient aussi important que le courant d'appel par temps sec. Or il résulte du dispositif adopté pour les appels et décrit sommairement ci-dessus que, si le bouton d'appel est réglé par temps sec, le courant de perte par temps humide sera suffisamment intense pour empêcher la chute de l'index qui doit signaler la réponse de l'opératrice du multiple. Ainsi, le bureau appelant et l'opératrice, bien que tous deux soient en attente, restent en suspens sans pouvoir se signaler leur attention réciproque. Si au contraire le bouton d'appel est réglé par temps humide, il ne restera plus collé par temps sec, et le bureau sera dans l'impossibilité d'envoyer son appel.

Digitized by Google

La difficulté réside donc dans le fait qu'en temps sec le bouton d'appel doit resté collé sous une certaine intensité de courant, et qu'en temps humide il doit décoller sous une intensité égale ou même supérieure.

3. Dispositif préconisé. — Il est évident, d'après cette dernière remarque, qu'un réglage du bouton d'appel ne peut être réalisé une fois pour toutes, et que le seul moyen de tourner la difficulté est d'employer un dispositif ajustable suivant l'état de la ligne. Mais il faut observer de plus que ce réglage ne pourra se faire au moyen de tâtonnements, qui mettraient en jeu l'opératrice du multiple en lui envoyant de faux appels et risqueraient de provoquer un encombrement sur le meuble.

Le dispositif suivant (en service sur la ligne Lille — Mézières) satisfait à toutes les conditions, en permettant un réglage précis et rapide à tout instant et ne faisant pas intervenir l'opératrice du multiple.

Remarquons d'abord que la difficulté ne provient pas de la faiblesse de l'isolement de la ligne, mais bien de sa variabilité avec l'état du temps, En effet, si l'isolement était faible mais constant, le bouton d'appel pourrait être réglé une fois pour toutes et fonctionnerait toujours dans les mêmes conditions. Cette remarque nous conduit à essayer de rendre constantes les fuites de la ligne; et, comme il impossible de diminuer la valeur maxima qu'elles peuvent atteindre par temps humide, nous sommes amenés à compenser la valeur plus faible qu'elle prennent en temps sec, en créant une dérivation, de résistance réglable, une *fuite artificielle*, entre le départ de la ligne et la terre. Il reste à trouver un signal permettant de déterminer, à un instant quelconque et sans tâtonnements, la valeur convenable qu'il convient de donner à la résistance de cette fuite artificielle.

Pour cela, nous remarquons que, la résistance de la ligne étant constante, ainsi que la somme totale des conductances de fuites, naturelles et artificielles, l'intensité du courant produit par la pile de transmission, sera aussi constante. Il suffira donc

Digitized by Google

d'intercaler un milliampèremètre en série avec le bouton d'appel (fig. 5), et de déterminer une fois pour toutes, soit par le calcul, soit expérimentalement, la déviation maxima obtenue en temps humide avec une fuite artificielle nulle. Cette déviation étant repérée par un trait rouge sur le cadran, on règlera, par temps sec ou humide, la manette du rhéostat de *fuites artificielles*, de manière à ramener l'aiguille du milliampèremètre sur ce trait, et l'on sera sûr que l'ensemble est dans les conditions pour lesquelles le bouton d'appel a été réglé.

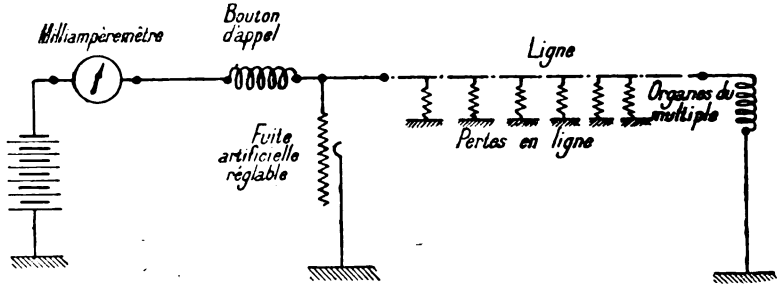


Fig. 5.

Ce dispositif assure, de plus, la constance de l'intensité du courant à l'arrivée dans les organes du multiple, aussi bien pendant l'appel que pendant la transmission ou l'envoi du signal de fin, ce qui permettra un réglage plus sûr et une surveillance plus facile de tous les organes du multiple.

4. Remarque sur l'emploi de circuits téléphoniques appropriés au télégraphe. — Les liaisons qui aboutissent au multiple de Lille, par exemple, sont, pour la plupart, obtenues par appropriations de circuits téléphoniques, et les longues lignes, qui nous intéressent particulièrement ici, sont toutes des appropriations au télégraphe de circuits combinés. Le courant télégraphique parcourt donc en parallèle les quatre fils téléphoniques des deux circuits. La résistance kilométrique ρ est ainsi quatre fois plus petite que celle d'un seul fil, et les pertes à la terre sont au contraire quatre fois plus grandes, ce qui rend encore plus sensible l'effet que nous combattons.

Digitized by Google

Mais, en plus, une autre difficulté pour le télégraphe provient de l'emploi de ces appropriations de circuits combinés. C'est que, lorsque l'un des circuits est reconnu défectueux pour le téléphone, le service des dérangements le prend immédiatement à sa charge et le retire de l'exploitation. Il s'ensuit que les appareils télégraphiques fonctionnent alors sur une ligne formée par l'appropriation du seul circuit reconnu sain et comportant par suite deux fils seulement en parallèle. La valeur de la résistance kilométrique ρ est doublée, et la valeur de la perte kilométrique à la terre est réduite à la moitié. Les réglages réalisés dans le cas de l'appropriation de combinés ne s'appliquent plus, et la communication télégraphique se trouve interrompue.

Pour remédier à cet inconvénient, on peut employer un dispositif basé sur le même principe que celui qui conduit à l'emploi de la fuite artificielle, et qui *peut d'ailleurs être employé en général dans tous les cas où un appareil quelconque est soumis à des effets variables dont l'instabilité dérange les réglages. Ce principe consiste, lorsqu'on ne peut améliorer les conditions les moins favorables, à stabiliser quand même les réglages en empirant les conditions les plus favorables.*

Dans le cas présent, on ne peut diminuer la résistance de la ligne dans le cas où deux fils seuls sont en parallèle ; mais on pourra l'augmenter dans le cas de quatre fils, de manière à la rendre égale à la résistance d'une ligne à deux fils. On obtiendra ce résultat en mettant en série avec la ligne une résistance fixe qu'on shuntera lorsque l'un des circuits du combiné sera mis hors service, c'est-à-dire lorsque la ligne sera à deux fils seulement. Il faudra alors effectuer les calculs de la force électromotrice de la pile, de la résistance de fuite, et des intensités au départ et à l'arrivée, dans les deux cas :

1° *Cas de la ligne à quatre fils*, en ajoutant, à la résistance des organes du bureau, une résistance égale à celle de la ligne à quatre fils et en prenant, pour la conductance kilométrique de pertes à la terre, la valeur correspondante à quatre fils en parallèle ;

Digitized by Google

2° *Cas de la ligne à deux fils*, en doublant la valeur de la résistance kilométrique de la ligne, en prenant, pour la conductance kilométrique de fuite, la valeur moitié de celle du 1er cas, et sans rien ajouter à la résistance des organes du bureau.

Les résultats obtenus dans les deux cas ne seront pas tout à fait les mêmes, car dans le premier la résistance additionnelle est concentrée au bureau, tandis qu'elle est répartie sur la ligne dans le deuxième cas. Néanmoins, les résultats seront évidemment très voisins, et les moyennes pourront être employées pour le réglage des relais.

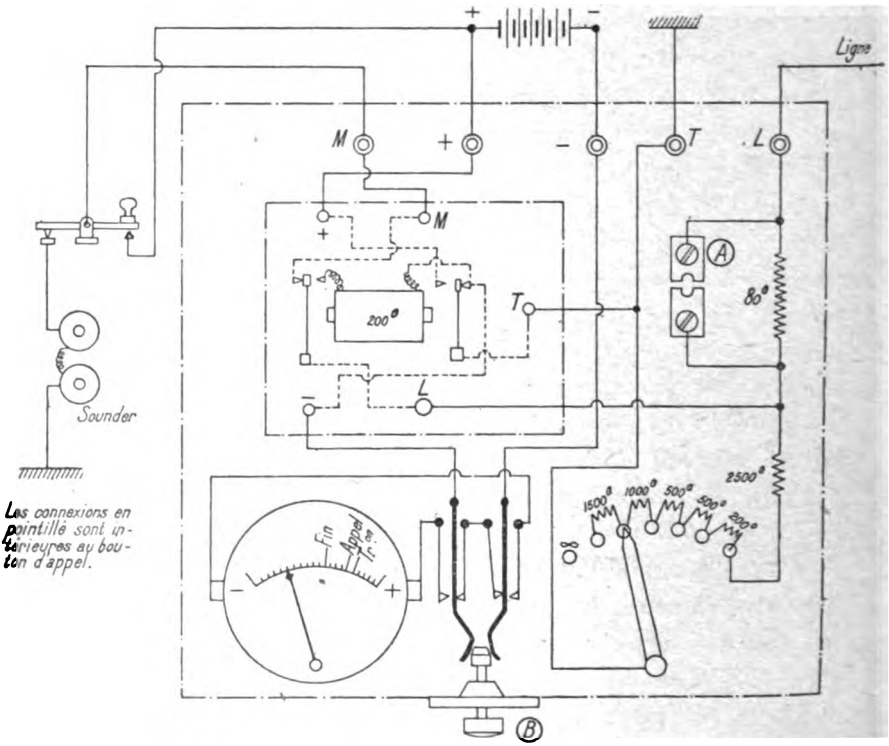


Fig. 6.

5. **Dispositif pratique.** — La figure 6 donne le schéma des connexions intérieures d'une boîte contenant l'ensemble du bouton d'appel, de la fuite artificielle, de la résistance additionnelle, et du milliampèremètre.

Digitized by Google

Un bouton B est disposé pour permettre la mise hors circuit du milliampèremètre en dehors du temps où l'on effectue le réglage.

Les résistances sont formées de bobines Baudot du type administratif.

La boîte comporte les cinq bornes M, +, —, T, et L, auxquelles on relie respectivement l'axe du manipulateur, les pôles de la pile, la prise de terre, et la ligne.

6. Calcul des intensités au départ et à l'arrivée. — La figure 7 donne le schéma complet de la ligne. E est la tension de la batterie de transmission ; r, la résistance des organes du

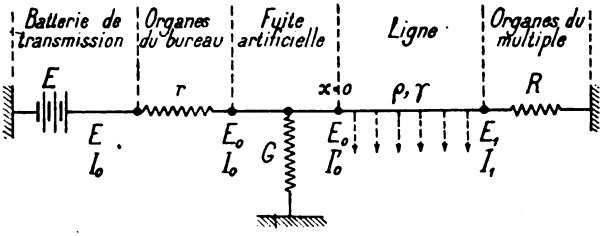


Fig. 7.

bureau (bouton de collage, lampe de protection, fusible) ; G représente la conductance de la fuite artificielle ; ρ et γ sont la résistance et la conductance de fuite par kilomètre de la ligne ; R est la résistance de l'organe du multiple qui se trouve en jeu (relais d'appel, translateur, ou relais de fin suivant le cas).

Ces quantités étant supposées connues, nous allons d'abord déterminer les intensités au départ I_0 et à l'arrivée I_1.

Posant : $\alpha=\sqrt{\gamma\rho}$, nous avons :

$$\begin{cases} I_1 = I'_0 \operatorname{ch}\alpha l - \dfrac{\gamma}{\alpha} E_0 \operatorname{sh}\alpha l, \\ E_1 = E_0 \operatorname{ch}\alpha l - \dfrac{\alpha}{\rho} I'_0 \operatorname{sh}\alpha l, \end{cases}$$

avec les conditions aux limites :

$$E_1 = R I_1,$$
$$I'_0 = I_0 - G E_0,$$
$$E_0 = E - r I_0.$$

Digitized by Google

Éliminant E_0, E_1, I_1 et I'_0, on tire I_0 :

$$(1) \qquad I_0 = E \frac{(1+GR)\operatorname{ch}\alpha l + (R\gamma l + G\rho l)\dfrac{\operatorname{sh}\alpha l}{\alpha l}}{(r+R+GrR)\operatorname{ch}\alpha l(\rho l+\rho l G\Upsilon+\gamma l r R)\dfrac{\operatorname{sh}\alpha l}{\alpha l}},$$

et de même I_1 :

$$(2) \qquad I_1 = \frac{E}{(r+R+GrR)\operatorname{ch}\alpha l + \left(\frac{\rho}{\alpha}+\frac{\rho}{\alpha}Gr+\frac{\gamma}{\alpha}rR\right)\operatorname{sh} l}.$$

7. Données et constantes des appareils. — Les données du problème sont les résistances des divers organes et les courants normaux pour lesquels les relais du multiple (relais d'appel, de fin, translateurs) fonctionnant avec sûreté.

Pour le multiple de Lille, ces constantes sont :

Relais d'appel : 600 ohms ;

Relais de fin : 900 ohms ; courant normal : 12 à 16^{mA} ;

Relais translateur : 900 ohms ; courant normal : 14 à 18^{mA}.

Au bureau, nous avons, comme organes intéressant la ligne : les dispositifs de protection (lampe et fusible), dont la résistance globale est de 150 ohms, et le bouton de collage de 200 ohms.

Les intensités dans les relais translateurs et le relais de fin sont imposées *à priori*, car ces organes font partie de l'équipement d'un dicorde, qui doit pouvoir être employé indistinctement sur toutes les lignes aboutissant au multiple. Au contraire, le relais d'appel et le bouton de collage peuvent être réglés de manière à fonctionner avec un courant normal très variable suivant la ligne à laquelle ils sont affectés. Il suffira que, le réglage une fois obtenu, les courants d'appel au départ et à l'arrivée conservent les intensités pour lesquelles le réglage a été fait.

Enfin la résistance ρ par kilomètre de ligne et la conductance γ par kilomètre dans les pires conditions d'humidité sont mesurés directement sur la ligne, et αl s en déduit immédiatement.

8. Calcul de la tension de la pile, de la résistance de la fuite artificielle, et des intensités normales. — Ceci posé,

Digitized by Google

les équations (1) et (2) vont nous permettre de déterminer les valeurs.

1° de la force électromotrice de la pile de transmission,

2° de la résistance minima de la fuite artificielle à employer en temps sec,

3° des intensités auxquelles il faudra ramener le courant au départ en manœuvrant le rhéostat de fuites artificielles, et qui serviront de repère sur le cadran du milliampèremètre,

4° des intensités normales pour lesquelles il conviendra de régler le fonctionnement du relais d'appel et du bouton de collage.

En effet, le fonctionnement du relais translateur doit être assuré même par temps humide et avec une ligne à deux fils. Dans l'équation (2), nous connaissons donc :

α par mesure directe de ρ et de γ,

I_1, intensité normale de fonctionnement du relais translateur, soit 15 milliampères,

R, résistance du relais translateur,

r, résistance des organes de protection du bureau, soit 150 ohms, et, dans le cas de quatre fils, la résistance additionnelle (le bouton de collage étant hors circuit pendant la transmission).

Enfin, les pertes naturelles γ en ligne étant supposées maxima, on donnera à G la valeur zéro. E reste alors comme seule inconnue dans l'équation (2), et nous en tirerons sa valeur.

E étant connu, l'équation (1) nous donnera l'intensité pendant l'appel en temps humide :

R= résistance du relais d'appel,

$G=0$,

r= résistance des organes de protection et du bouton de collage, d'où la valeur de I_0 pour laquelle le bouton doit rester attiré.

Cette valeur devant être la même en temps sec, l'équation (1), dans laquelle on fait $\gamma=0$ avec les mêmes valeurs de R, de r, de E, et de I_0, donnera G.

E et G étant connus, il suffira d'appliquer les formules (1)

Digitized by Google

et (2) pour avoir les intensités au départ et à l'arrivée pendant chaque stade d'une communication (appel, transmission, et fin) et pour chaque état du temps (sec ou humide).

On aura ainsi l'intensité maxima pour laquelle le bouton doit décoller et l'intensité minima pour laquelle il doit rester collé. On règlera cet appareil de manière à lâcher son armature pour un courant intermédiaire, par exemple la moyenne des deux valeurs.

Dans les calculs numériques, on devra seulement remarquer qu'en temps sec, $\gamma = 0$, et $\alpha = 0$, $\operatorname{ch} \alpha l = 1$, et $\operatorname{sh} \alpha l = 0$, mais que le quotient $\frac{\operatorname{sh} \alpha l}{\alpha l}$ n'est pas nul, mais égal à 1.

9. Application. — Le calcul appliqué à la ligne qui relie Amiens au multiple télégraphique de Lille donne les résultats suivants.

La ligne est formée par l'appropriation des deux circuits aériens Lille—Amiens 1 et 2. Sa résistance totale, y compris les bobines toroïdales de combinaison, est de 94 ohms. Elle est de 188 ohms dans le cas où l'un des circuits est retiré de l'exploitation. Sa longueur totale est de 120 kilomètres.

On trouve, pour les constantes des organes à employer :

force électromotrice de la pile : $21^{V},5$;

traits à tracer sur le milliampèremètre : { appel : 22^{mA} ; transmission : 23^{mA} ; fin : 19^{mA} .

Réglage des relais :

Bouton d'appel : { décollage pour 14^{mA} ; intensité minima au collage : 18^{mA} ; intensité maxima au décollage : 10^{mA} .

Relais de fin : attraction sûre pour 14^{mA} ;

Relais d'appel : id. id. 17^{mA} ;

Relais translateur : id. id. 16^{mA} ;

Résistance minima de fuites : 2.500 ohms.

Digitized by Google

Noter la grande marge entre les courants de 10 et de 18 milliampères entre lesquelles le bouton d'appel doit décoller.

10. Manœuvre de l'appareil. — I. En temps normal, *tenir l'interrupteur A ouvert*. Dans le cas où l'un des circuits combinés est retiré de l'exploitation, la ligne étant alors une appropriation de circuit simple, *fermer l'interrupteur A*.

II. *Réglage du bouton d'appel* : Appuyer sur le bouton B, et régler la manette du rhéostat de manière que l'aiguille du milliampèremètre dévie, suivant le cas, jusqu'à la division marquée « Appel », « Transmission », ou « Fin ».

Digitized by Google

COURBES DE DÉCHARGE DE QUELQUES ÉLÉMENTS DE PILE A DÉPOLARISATION PAR L'AIR,

Par E. REYNAUD-BONIN,
Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes.

Nous donnons ci-dessous les courbes de décharge de quelques éléments de pile Féry à dépolarisation par l'air qui ont fait l'objet d'essais méthodiques au laboratoire du Service d'études des Postes et Télégraphes.

Les décharges ont eu lieu en débit continu, sur une résistance extérieure choisie pour convenir aux dimensions de l'élément de pile. Les éléments de petites dimensions ont débité sur 75 ohms; les éléments de dimensions plus fortes ont débité sur 50 ohms ou même sur 10 ohms.

Description des piles. — Les piles Féry, du type « Super », ont leur positif constitué par un tube de charbon plus haut que le récipient de verre; ce tube de charbon est entouré, seulement dans la partie supérieure du récipient de verre, par un court manchon formant sac rempli de charbon en poudre.

L'électrode négative est un court cylindre de zinc reposant sur le fond de l'élément. Entre le plan horizontal inférieur du manchon entourant le positif et le plan horizontal supérieur du cylindre de zinc, il y a un espace égal approximativement au tiers de la hauteur du récipient de la pile. Le fil de sortie de l'électrode négative est soudé au zinc tout à fait au fond de la pile, afin de laisser au cylindre de zinc la possibilité de s'user régulièrement de haut en bas.

Les dispositions indiquées ci-dessus sont visibles sur les dessins qui complètent notre description.

Fonctionnement des piles. — Quand on met un élément de pile en débit continu sur une résistance extérieure appropriée à

Digitized by Google

ses dimensions, la courbe de décharge présente presque toujours une allure très régulière jusqu'à ce que la solution excitatrice soit devenue très chargée d'oxysels ou de cristallisations diverses.

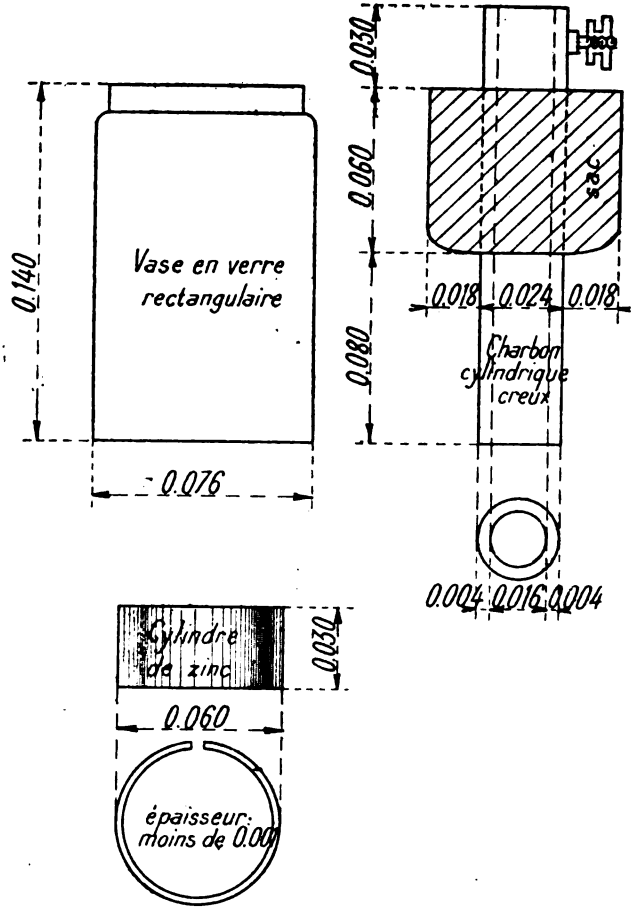


Fig. 1. — Pile Féry « Super n° 1 ».

Les éléments de pile dont nous parlons en ce moment résistent assez bien aux variations qui pourraient provenir des altérations de la composition chimique des milieux qui les baignent. Les différentes substances (solubles ou cristallines) qui se forment ont une tendance à rester séparées les unes des autres par les différences de leurs densités, et la pile se maintient en

Digitized by Google

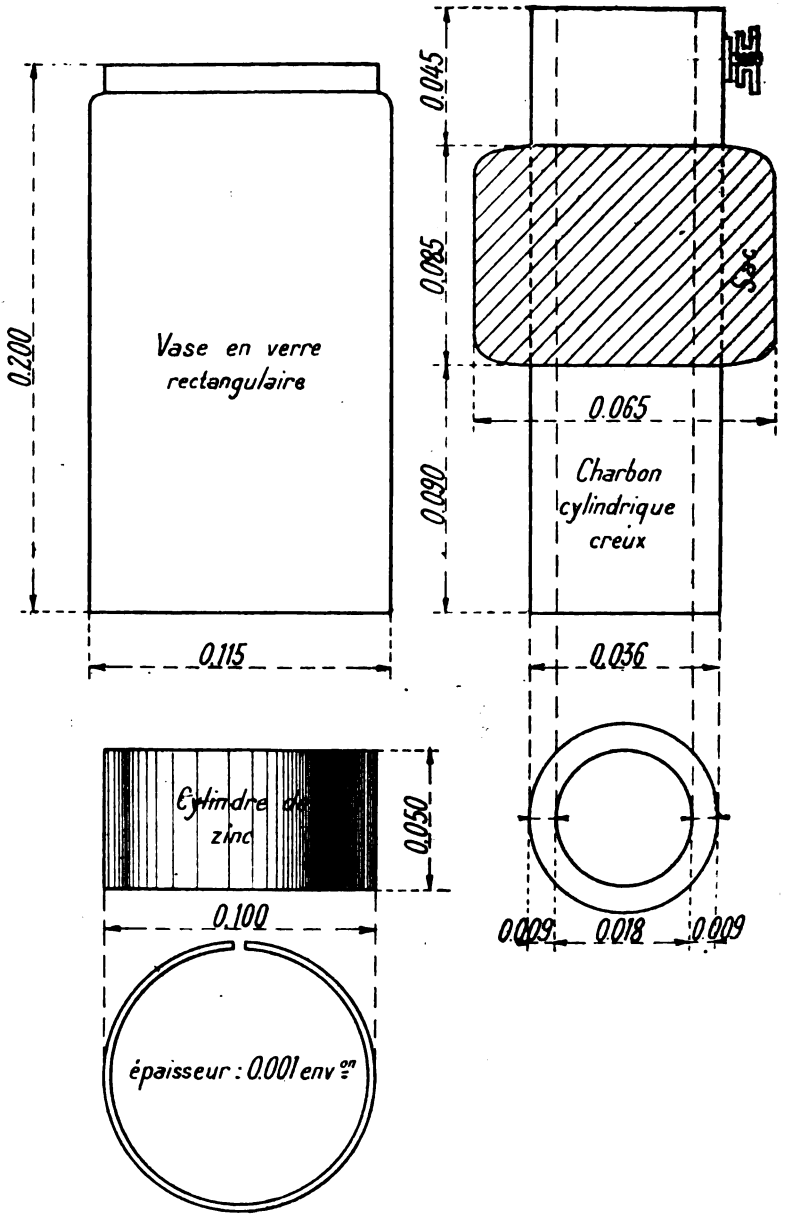
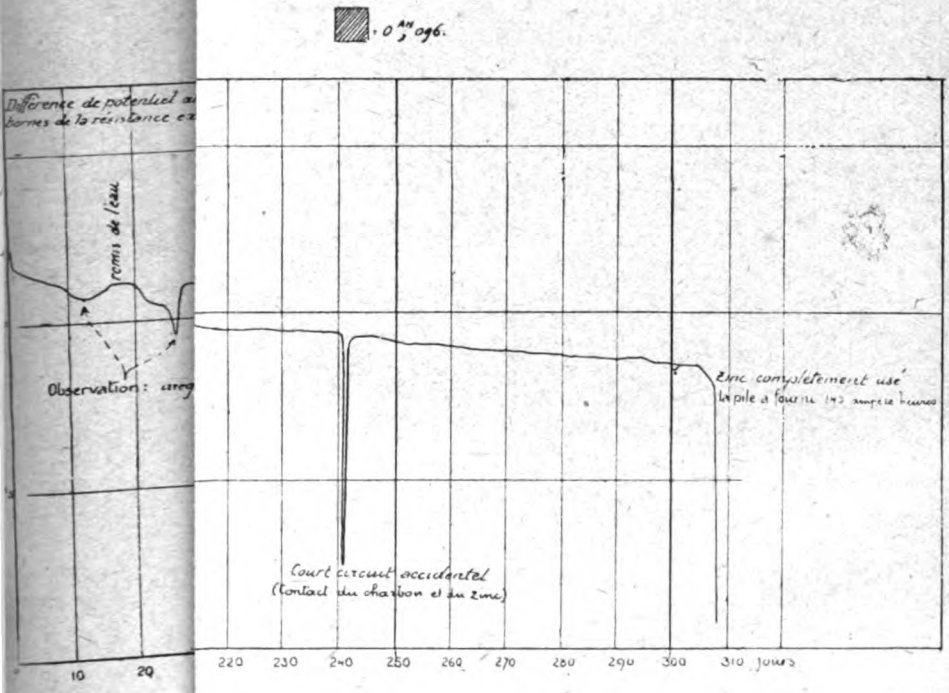


Fig. 2. — Pile Féry « Super n° 3 ».

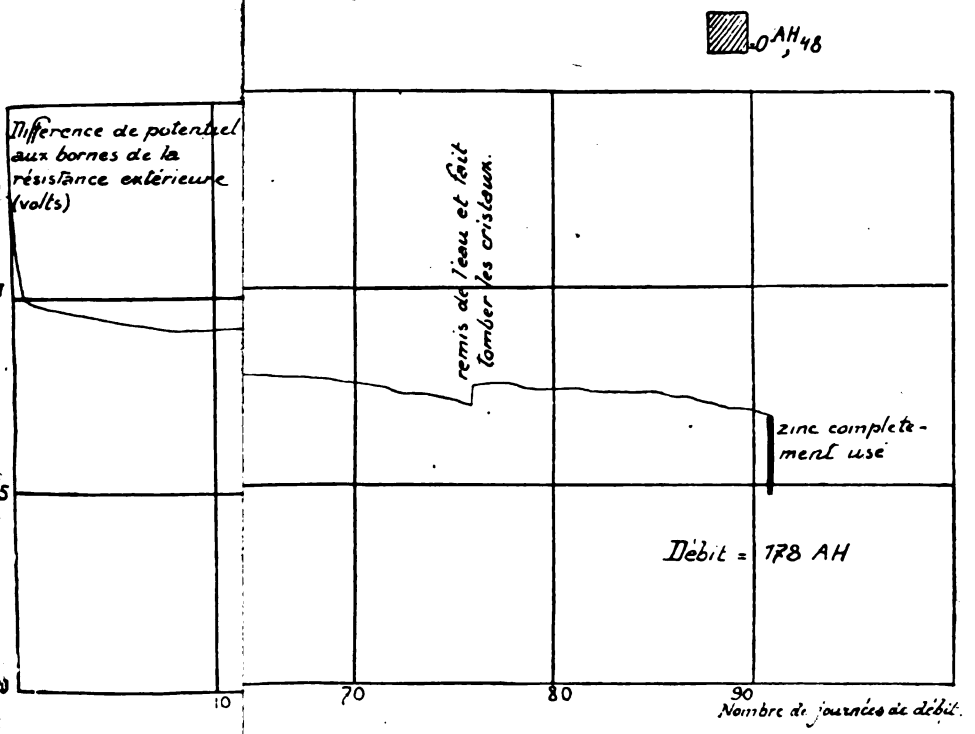
Digitized by Google



r n° 3 (vase P.T.T. n° 295-34).

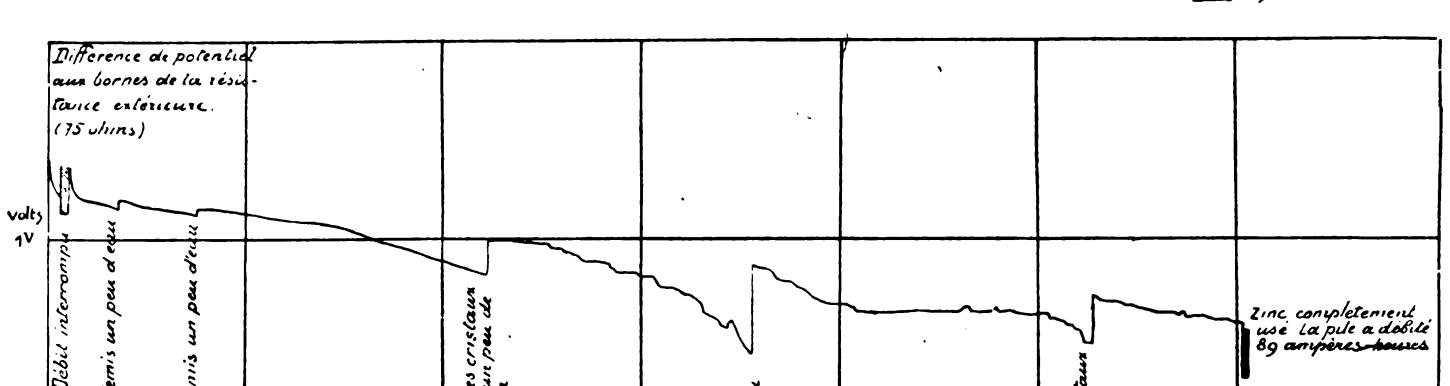
Digitized by Google

Digitized by Google


0AH,48
Différence de potentiel aux bornes de la résistance extérieure (volts)
remis de l'eau et fait tomber les cristaux.
zinc complètement usé
Débit = 178 AH
10
70
80
90
Nombre de journées de débit.

N° 3.

Digitized by Google



Courbe de décharge, en débit continu sur 75 ohms, d'une pile Féry du type Super n° 1.

Digitized by Google

bon état. Cependant, si l'on a mis beaucoup de zinc dans la pile, il arrive un moment où il se forme une véritable couche cristalline horizontale dans le milieu de l'élément. C'est la preuve du travail qu'il a fourni, mais cela peut devenir une cause d'abaissement de la force électromotrice lorsque la couche cristalline se transforme en cloison qui puisse barrer le chemin des échanges entre les deux électrodes.

On consultera les courbes de décharge que nous avons annexées à notre travail et l'on y verra très clairement l'influence pernicieuse de ces couches cristallines, ainsi que la preuve qu'il est très facile de faire cesser à volonté l'affaiblissement en brisant simplement la cloison des cristaux.

Remarques. — 1° On remarquera l'action, très utile au point de vue de la constance de la pile, de la remise d'un peu d'eau pour compenser les évaporations ou les cristallisations.

2° L'une des piles a été accidentellement mise en court-circuit après 240 jours de débit. Son zinc, naturellement fort usé, mais usé fort régulièrement dans la partie supérieure, est venu en contact avec le charbon au dessus des bagues de protection en caoutchouc. Le court-circuit a fait tomber assez rapidement la différence de potentiel aux bornes, de $0^{V},95$ à $0^{V},26$; mais, dès que l'on a eu ramené l'écartement du zinc à la valeur normale, la différence de potentiel aux bornes a remonté à $0^{V},95$, et le débit s'est poursuivi normalement.

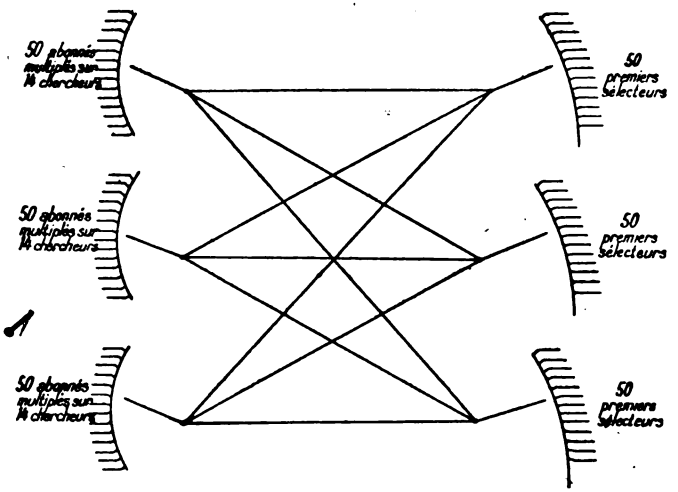
Digitized by Google

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE.

I

MÉTHODE DE CALCUL DES ORGANES DÉNOMMÉS CHERCHEURS DOUBLES.

Les chercheurs doubles sont des organes que l'on a parfois employés en téléphonie automatique pour brasser le trafic entrant par des balais explorant chacun 50 lignes d'abonnés (voy. la figure) et le répartir avec une grande concentration sur des premiers sélecteurs en nombre très supérieur à 50 mais subdivisés en sous-groupes de 50 se prêtant entr'aide mutuelle. Les multiplages à réaliser sont schématisés sur la figure.



Nous ne discutons pas, dans cette notice, la valeur technique de ce dispositif, qui peut donner lieu à des controverses selon le type électrique ou mécanique des organes. Nous nous bornons à analyser leur méthode de calcul, selon un exposé fait récemment par M. Petit, ingénieur des P. T. T. à la direction des Services téléphoniques de Paris.

Digitized by Google

A. Méthode de calcul. — 1° Les chercheurs doubles étant à 50 points, on déduit des données du trafic, le nombre de chercheurs nécessaires par groupe de 50 abonnés pour que la probabilité de perte soit de *1 appel sur 2.000* par exemple ; on obtient ainsi un nombre n.

2° Un chercheur ayant accès à 50 sélecteurs, chaque abonné aura accès à $n \times 50$ sélecteurs. Considérons ces $n \times 50$ sélecteurs comme formant un groupe unique parfait. Les courbes de probabilité indiquent que ce groupe peut, à la probabilité de perte $\frac{1}{2.000}$, écouler un trafic T. Comme, en réalité, le rendement du groupe de sélecteurs est inférieur au rendement du groupe parfait, il est indispensable de réduire le trafic théorique T. On admet que le trafic réellement écoulé T' est égal au trafic théorique multiplié par un coefficient de réduction de 0,85 :

$$T' = T \times 0{,}85.$$

3° Connaissant ainsi le trafic T' écoulé par le groupe de sélecteurs et le trafic t d'un groupe de 50 abonnés, on en déduit le nombre N de groupes qui pourront avoir accès aux $n \times 50$ sélecteurs :

$$N = \frac{T'}{t}.$$

Ainsi le groupe de $N \times 50$ abonnés nécessitera un nombre $N \times n$ de chercheurs doubles et un nombre $n \times 50$ de sélecteurs primaires.

On admet que ces nombres correspondent en pratique à une probabilité de perte de $\frac{1}{1.000}$ pour la présélection. c'est-à-dire pour la recherche d'un premier sélecteur libre.

B. Essai de justification théorique de la méthode précédente. — L'exposé théorique suivant, dû à M. Petit, a pour but de montrer que la méthode précédemment décrite, qui repose sur des données empiriques acquises en certains pays étrangers, donne en fait des résultats satisfaisants et permet de garantir

Digitized by Google

avec un certain coefficient de sécurité la probabilité de $\frac{1}{1.000}$ requise pour la présélection. Voici comment on peut raisonner.

Cherchons la probabilité pour qu'un abonné d'un groupe de 50 abonnés ne trouve aucun premier sélecteur libre. Cette éventualité peut se produire de $q+1$ façons, q étant le nombre de chercheurs affectés à un groupe de 50 abonnés.

1° q abonnés de son groupe sont déjà en communication, et les q chercheurs doubles de ce groupe sont occupés (probabilité P_{q+1}).

2° $(q-1)$ abonnés de son gronpe sont déjà en communication, occupant $(q-1)$ chercheurs doubles (probabilité P_q), et le faisceau de 50 sélecteurs correspondant au q^{me} chercheur double est occupé par des abonnés d'autres groupes (probabilité p_1).

La probabilité totale de la simultanéité des deux événements indépendants de probabilités P_q et p_1 est $P_q \cdot p_1$.

3° $(q-2)$ abonnés du groupe sont en communication (probabilité P_{q-1}), et les deux faisceaux de 50 sélecteurs correspondant aux deux chercheurs doubles non occupés de ce groupe sont occupés par des abonnés d'autres groupes (probabilité $P_q - 1$) et les deux faisceaux de 50 sélecteurs correspondant aux deux chercheurs doubles non occupés de ce groupe sont occupés par des abonnés d'autres groupes (probabilité p_2) : la probabilité de la deuxième éventualité est donc : $p_{-1q} \times p_2$ et ainsi de suite jusqu'au $(q+1^{me})$ cas.

$(q+1^{me}$ cas) : aucun abonné du groupe n'est encore en communication (probabilité P_1), mais tous les sélecteurs sont pris par des abonnés d'autres groupes (probabilité p_q). Probabilité totale : $P_1 \times p_q$.

La probabilité pour qu'un appel se perde est la somme des probabilités d'événements précédents qui s'excluent mutuellement :

$$P_{q+1} + P_q \cdot p_1 + \ldots + P_1 \cdot p_q.$$

Évaluons les différents termes de cette expression :

Digitized by Google

a) *Calcul des probabilités P.*

1° Par convention même on a :

$$P_{q+1} = \frac{1}{2.000}.$$

2° La probabilité P_q est la différence entre la probabilité π_q pour qu'il y ait au moins $q+1$ appels en cours ou en instance, et la probabilité π_{q-1} pour qu'il y ait au moins q appels en cours ou en instance :

$$P_q = \pi_q - \pi_{q+1}$$

3° On aura de même :

$$P_{q-1} = \pi_{q-1} - \pi_q,$$
$$\dots\dots\dots\dots$$
$$P_1 = \pi_1 - \pi_2.$$

Il est à remarquer que la probabilité π_1 pour qu'il y ait 0 ou un nombre quelconque d'appels en cours est évidemment égale à 1.

b) *Calcul des probabilités* p.

Le terme général p_k est la probabilité pour qu'il y ait k groupes de 50 sélecteurs occupés. Son expression exacte est très complexe, mais on peut lui substituer une valeur suffisamment approchée en admettant que ces $k \times 50$ sélecteurs, formant un groupe unique, écoulent le trafic $\frac{k}{q} T'$. Les courbes de probabilité spécialement établies permettent de lire directement la probabilité p_k pour qu'il y ait occupation simultanée de $k \times 50$ sélecteurs écoulant simultanément un trafic de $\frac{k}{q} T'$.

Application numérique. — 1° Cas pratique des chercheurs doubles à 50 points.

Les chercheurs sont calculés à la probabilité $\frac{1}{2.000}$, ainsi que les premiers sélecteurs, mais sans tenir compte d'aucun facteur de réduction. Le trafic supposé est de 1,92 communications par ligne d'abonné à l'heure la plus chargée. Pour écouler

Digitized by Google

ce trafic à la probabilité de $\frac{1}{2.000}$, 10 chercheurs par groupe de 50 abonnés sont nécessaires :

$$q = 10.$$

Chaque abonné a donc accès à 500 premiers sélecteurs : ce groupe de 500 premiers sélecteurs permet d'écouler 420 communications-heures $\left(\text{probabilité } \frac{1}{2.000}\right)$. Le calcul, effectué suivant la méthode qui vient d'être exposée, montre que, dans ces conditions, la probabilité résultante pour la présélection est :

$$\frac{1,9}{1.000},$$

c'est-à-dire très supérieure à la probabilité requise $\frac{1}{1.000}$; on voit donc la nécessité d'introduire un coefficient de réduction.

Si l'on choisit ce coefficient de réduction égal à 0,95, on trouve comme probabilité résultante :

$$P = \frac{0,8}{1.000}.$$

résultat déjà légèrement favorable. Un coefficient égal à 0,9 ou même à 0,85 fait tendre cette probabilité vers $\frac{1}{2.000}$.

2° Cas hypothétique de chercheurs doubles, à 50 points du côté de l'abonné et 25 points du côté des sélecteurs.

Chaque abonné a accès à 250 sélecteurs, dont l'ensemble, considéré comme un groupe unique, permet d'écouler 202 communications-heures.

Probabilité résultante sans coefficient de réduction : $\frac{3,6}{1.000}$;

« avec un coefficient de 0,9..... : $\frac{0,8}{1.000}$.

Conclusions de M. Petit. — On peut se rendre compte, par ces deux exemples, que le facteur de réduction est d'autant plus nécessaire que les champs de sélection sont plus petits. On remarque de plus que le coefficient 0,9, dans le cas des faisceaux de 250, donne le même résultat que le coefficient 0,95 dans le

Digitized by Google

cas des faisceaux de 500 : ceci revient à dire que le facteur de réduction doit, en principe, varier dans le même sens que l'importance des champs de sélection. Il dépend d'ailleurs de l'intensité du trafic, qui, dans le cas réel de Paris, est nettement supérieur au trafic pris comme point de départ des applications numériques précédentes ; sa variation est de sens contraire à celle de cette intensité.

Pour des raisons d'uniformité, ce facteur a été fixé uniformément à la valeur 0,95, qui donne, dans le cas des chercheurs doubles, des résultats satisfaisants sans être sensiblement défavorable aux constructeurs.

Nota important. — La même méthode de calcul s'appliquerait au cas des sélecteurs suivis de commutateurs de lignes auxiliaires, comme on est amené à en installer dans les liaisons entre deux bureaux téléphoniques afin de donner l'entr'aide à des faisceaux de jonction jugés individuellement trop maigres pour travailler avec un rendement suffisant.

II

REMARQUES AU SUJET DU PROBLÈME DES « DOUBLES CONNECTIONS » (1).

Le problème de « double connection », analysé par M. Petit dans le dernier numéro des *Annales des P.T.T.*, peut être abordé à plusieurs points de vue différents. Nous présentons ci-dessous d'intéressantes remarques théoriques faites récemment par M. Molina, de l'American telegraph and telephone company.

On groupe des abonnés sur des organes sélecteurs possédant chacun un certain intervalle de retard pour marquer l'occupation sur les broches de test et se rendre inaccessibles aux autres recherches. Quelle est la probabilité des « connections en double », ou, en d'autres termes, des « mélanges par rencontres simultanées » ?

(1) Rédaction de M. Reynaud-Bonin, ingénieur en chef des P.T.T., qui remercie vivement M. Molina des renseignements qu'il a bien voulu lui envoyer.

Digitized by Google

On désigne par t l'intervalle de temps critique pour les sélecteurs considérés, lesquels sont sélectionnés après concentration et brassage du trafic par des organes spéciaux.

Les méthodes de calcul de M. Petit et de M. Molina sont respectivement les suivantes, pour un bureau composé de 5 groupes de 2.000 abonnés appelant chacun 2,72 fois à l'heure.

Désignons, dans les deux méthodes, par P la probabilité totale cherchée des mélanges par rencontre simultanée.

Soit p la probabilité des mélanges par rencontres simultanées par groupe de 2.000 abonnés; on aura évidemment :

$$P = 5p.$$

Méthode de calcul de M. Petit.

Soit p_1 la probabilité pour que les appels de deux abonnés du même groupe se succèdent à un intervalle de temps au plus égal à $2t$;

soit p_2 la probabilité pour que les appels de deux abonnés du même groupe soient aiguillés sur le même sélecteur;

on aura : $p = p_1 \times p_2$,

d'où : $P = 5 \times p_1 \times p_2$.

Méthode de calcul de M. Molina.

Soit π la probabilité pour que l'un quelconque des appels de l'un quelconque des abonnés soit gêné par « un mélange en rencontres simultanées »;

on aura :

$$p = 2{,}72 \times 2.000 \times \pi.$$

soit π_1 la probabilité pour que l'un au moins des appels des autres abonnés ait lieu pendant l'un des appels de l'abonné considéré;

soit π_2 la probabilité pour que, si ces autres appels sont émis pendant la période de temps critique, ils soient conduits sur le sélecteur pris par l'abonné considéré;

on aura :

$$\pi = \pi_1 \times \pi_2,$$

d'où finalement :

$$P = 5\,p = 5 \times 2{,}72 \times 2.000 \times \times \pi_1 \times \pi_2.$$

Digitized by Google

Les méthodes de calcul de M. Petit et de M. Molina, donnent des résultats assez divergents. En traitant le même exemple numérique, avec un temps critique $t = 0{,}233$ secondes, M. Petit conclut à 1,59 rencontres simultanées par jour et M. Molina à une quinzaine. Il est bien difficile de se décider en faveur de l'une ou de l'autre méthode, mais nous avons cru intéressant de les mettre en parallèle pour bien montrer quelle est l'extrême difficulté des raisonnements que l'on est obligé de faire en téléphonie automatique et combien il est utile de pouvoir faire des expériences pour contrôler la validité des hypothèses.

Nous terminons en donnant, d'après M. Molina, la façon de calculer les probabilités π_1 et π_2 relatives à sa méthode.

Calcul de π_1. — Puisque 2.000 abonnés font 5.400 appels par heure, 1.999 abonnés font $5.400 - 2{,}78 = 54.371$ appels à l'heure ; désignons ce nombre par n.

Quand l'un des 2.000 abonnés est en train de causer, la probabilité qu'aucun des 1.999 autres ne fera aucun appel pendant l'intervalle de temps critique t est égale à :

$$(1-t)^n ;$$

donc :

$$\pi_1 = 1 - (1-t)^n = 1 - \left[(1-t)^{\frac{1}{t}}\right]^{nt},$$

ce qui donne approximativement :

$$\pi_1 = 1 - e^{-nt},$$

puisque t est très petit et que nt n'est pas très grand.

Calcul de π_2. — Nous avons supposé qu'il y avait 332 sélecteurs pour desservir 2.000 abonnés. Soit A le nombre moyen de conversations simultanées pour 2.000 abonnés susceptibles d'arriver sur l'un quelconque des 332 sélecteurs. Le nombre moyen de sélecteurs libres est $332 - A$.

Toute connection double par rencontre simultanée ne peut avoir lieu que sur un sélecteur qui était libre immédiatement avant. On aurait donc :

$$\pi_2 = \frac{1}{332 - A}.$$

Digitized by Google

LA TECHNIQUE DE L'AVIATION,

Par J.-B. POMEY,
Inspecteur général des Postes et Télégraphes.

L'aviation postale est aujourd'hui l'un des moyens réguliers et normaux d'acheminement des dépêches. Il est donc naturel que les fonctionnaires des Postes et Télégraphes s'intéressent à la technique de l'art aéronautique. Le télégraphiste trouve d'ailleurs des rapprochements très frappants entre l'aérodynamique et l'étude des champs électromagnétiques.

Déjà le théorème de Vaschy, qui est applicable à tous les champs de vecteurs, nous apprend que la vitesse en un point, due à l'existence de tourbillons, se déduit de ceux-ci par la formule de Laplace. D'autre part, les expériences de Bjerknès ont montré comment on peut imiter, avec des sphères pulsantes et des tourbillons liquides, les phénomènes fondamentaux de l'électricité et de l'électrodynamique.

En réalité, les lois ne sont pas identiques, mais le traitement mathématique des problèmes élémentaires offre la plus grande analogie dans les deux domaines.

C'est ce que nous voudrions montrer ici, en exposant aussi brièvement que possible quelques résultats simples qui forment le début de la théorie mathématique de l'aérodynamique appliquée à l'aviation.

Je commencerai donc par rappeler les équations fondamentales et le théorème de Bernoulli.

La première équation, c'est celle qu'on appelle l'*équation de continuité* : elle exprime que la variation de la quantité de matière contenue, à un moment donné, dans un élément de volume du fluide, est égale à la différence entre les quantités de matière qui ont traversé la surface délimitant ce volume, soit pour y entrer soit pour en sortir.

Digitized by Google

La seconde, c'est l'équation vectorielle qui est fournie par la dynamique. Elle se décompose en un groupe de trois équations scalaires, qui expriment l'équilibre entre la force d'inertie d'un élément de matière, la force à distance qui lui est appliquée, et la résultante des pressions qui agissent sur la surface dudit élément.

Soit donc un système d'axes rectangulaires, fixe dans l'espace $(0 ; x, y, z)$ servant de corps de référence, et un parallélipipède élémentaire dont le centre de gravité est en un point (x, y, z). Soient (u, v, w) les projections sur les axes de la vitesse de l'élément fluide qui passe à l'époque t en (x, y, z). Appelons ρ la densité du fluide.

L'équation de continuité est, comme l'on sait :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho w)}{\partial z} = 0.$$

Si la force à distance agissant sur l'élément matériel est

$$\vec{F}\, \rho\, dx\, dy\, dz,$$

de sorte que $\vec{F}$ (X, Y, Z) soit la force rapportée à l'unité de masse, c'est-à-dire l'accélération due au champ de force, et si p est la pression, normale à la surface sur laquelle elle agit, les équations de la dynamique sont les suivantes :

$$X = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + u\frac{\partial u}{\partial z},$$

$$Y = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z},$$

$$Z = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z}.$$

On peut mettre en évidence les composantes (α, β, γ) du tourbillon $\vec{\omega}$:

$$2\alpha = \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial y},$$

$$2\beta = \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial z},$$

$$2\gamma = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}.$$

Digitized by Google

Il suffit, par exemple, pour la première équation dynamique, de remplacer $\frac{\partial u}{\partial y}$ et $\frac{\partial u}{\partial z}$ par leurs valeurs :

$$\frac{\partial u}{\partial y} = 2\gamma + \frac{\partial v}{\partial x} \qquad \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial x} - 2\beta.$$

Il vient ainsi :

$$X = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x}(u^2+v^2+w^2) + 2(v\gamma - \beta w)$$

et deux autres équations analogues.

Supposons maintenant qu'il y ait un potentiel des vitesses, c'est-à-dire que l'on ait :

$$u = \frac{\partial}{\partial x}\Phi(x,y,z,t), \qquad v = \frac{\partial}{\partial y}\Phi(x,y,z,t), \qquad w = \frac{\partial}{\partial z}\Phi(x,y,z,t).$$

Il en résultera :

$$\alpha = \beta = \gamma = 0.$$

Il n'y a pas de tourbillon.

Admettons en même temps que p ne dépende que de ρ, c'est-à-dire que l'on ait :

$$\int \frac{1}{\rho}\,dp = P(x,y,z,t),$$

Enfin, envisageons le cas où l'accélération due au champ extérieur dérive aussi d'un potentiel, c'est-à-dire où l'on a :

$$X = -\frac{\partial U}{\partial x}, \quad Y = -\frac{\partial U}{\partial y}, \quad Z = -\frac{\partial U}{\partial z},$$

et posons, pour abréger :

$$u^2 + v^2 + w^2 = V^2.$$

L'équation dynamique en X devient :

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(U + P + \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{1}{2}V^2\right) = 0,$$

et l'on aurait deux autres équations analogues, ce qui prouve que l'expression entre parenthèses, étant indépendante des coordonnées x, y, z, se réduit à une fonction du temps :

$$U + P + \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{1}{2}V^2 = f(t),$$

Digitized by Google

$f(t)$ étant une fonction de t arbitraire ; et l'on peut supposer que le second membre est égal à une constante, si l'on fait rentrer cette fonction arbitraire du temps dans Φ, ce qui est loisible puisque Φ n'est déterminé en fonction de (u, v, w) qu'à une fonction près du temps.

Si nous nous bornons à l'étude des mouvements permanents, il reste simplement :

$$U+P+\frac{1}{2}V^2=\text{constante}.$$

Si la densité ρ peut être considérée comme constante, l'équation devient l'équation de Bernoulli :

$$\frac{p}{\rho}+U+\frac{1}{2}V^2=\text{constante}.$$

Si le champ de force est celui de la pesanteur, on peut écrire :

$$U=g\,z,$$

z étant la hauteur au dessus d'un plan horizontal de référence. En divisant par g et posant, selon l'habitude :

$$\rho g=\varpi,$$

il vient, plus simplement, l'équation connue de l'hydraulique :

$$\frac{p}{\varpi}+z+\frac{V^2}{2g}=C,$$

et l'on énonce ce résultat en disant que la somme de la hauteur z correspondant à l'énergie potentielle de position, de la hauteur fictive $\frac{p}{\varpi}$ correspondant à l'énergie élastique, et de la hauteur de chute fictive $\frac{V^2}{2g}$, correspondant à l'énergie cinétique, est une quantité constante.

On peut dire encore que les trois équations de la dynamique se réduisent à une seule, qui détermine la pression en chaque point, pression qui, par hypothèse, est la même à chaque instant, une fois qu'on a déterminé un mouvement compatible avec l'équation de continuité, laquelle se réduit ici à l'équation simple :

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0.$$

Digitized by Google

C'est la condition d'incompressibilité, dite encore *condition solénoïdale* ; elle s'énonce en disant que la divergence du vecteur vitesse est égale à zéro.

Ces préliminaires rappelés, nous pouvons passer à la résolution de quelques problèmes élémentaires qui conduisent à la formule fondamentale de la technique de l'aviation dite *formule de Kutta et Youkowski.*

Comme nous emploierons la méthode des imaginaires, il convient de formuler à ce sujet quelques généralités.

Nous considérerons un système cylindrique, ce qui veut dire que le mouvement qui, étant permanent, ne dépend pas de t, sera en outre indépendant de z et par suite ne dépendra que des deux variables x et y.

L'équation de continuité prend la forme :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 ;$$

et, comme il y a une fonction des vitesses Φ, on a :

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0.$$

Les lignes de flux sont définies par l'équation

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} ;$$

et comme le mouvement est permanent, elles coïncident avec les trajectoires des molécules.

Si l'on considère la famille de courbes

$$\Phi = \text{constante},$$

les cosinus directeurs de la normale sont proportionnels aux paramètres directeurs $\frac{\partial \Phi}{\partial x}$, $\frac{\partial \Phi}{\partial y}$ et par conséquent à (u, v). Donc les lignes de flux sont les trajectoires orthogonales des courbes $\Phi = \text{constante}$.

Or, si l'on considère une fonction de la variable imaginaire $x + y\sqrt{-1}$, et si l'on pose :

$$f(x+y\sqrt{-1}) = \Phi(x, y) + \sqrt{-1}\,\Psi(x, y),$$

Digitized by Google

la fonction f étant décomposée en partie réelle Φ et partie imaginaire $\sqrt{-1}\,\Psi$, on sait que l'on a :

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}+\frac{\partial\Phi}{\partial y^2}=0, \qquad \frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2}=0,$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial x}\cdot\frac{\partial\Psi}{\partial x}+\frac{\partial\Phi}{\partial y}\cdot\frac{\partial\Psi}{\partial y}=0.$$

La dernière équation montre que les courbes Ψ=constante sont les lignes de flux correspondant à la fonction des vitesses Φ.

Toute fonction de la variable imaginaire $x+y\sqrt{-1}$ nous donnera donc une solution possible.

Si nous revenons du problème cylindrique au problème du mouvement dans l'espace à trois dimensions, il est clair que nous satisferons à l'équation de continuité

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0$$

en prenant pour Φ une fontion de x et de y satisfaisant à l'équation

$$\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}=0$$

et posant :

$$u=\frac{\partial\Phi}{\partial x}, \qquad v=\frac{\partial\Phi}{\partial y}, \qquad w=w_0,$$

w_0 étant une constante quelconque. On peut donc associer au mouvement dans le plan des xy une translation uniforme perpendiculaire.

Posons par exemple, et ce sera notre premier exemple :

$$f(x+y\sqrt{-1})=-\Gamma\sqrt{-1}\log(x+y\sqrt{-1}),$$

avec

$$x+y\sqrt{-1}=r(\cos\varphi+\sqrt{-1}\sin\varphi) \quad \text{ou} \quad re^{\varphi\sqrt{-1}},$$

d'où

$$\log(x+y\sqrt{-1})=\log r+\sqrt{-1}.\varphi,$$

$$f(x+y\sqrt{-1})=\Gamma\varphi-\sqrt{-1}\,\Gamma\log r,$$

et

$$\Phi=\Gamma\varphi=\Gamma\operatorname{arc\,tg}.\frac{y}{x}, \qquad \Psi=-\Gamma\log r=-\frac{\Gamma}{2}\log(x^2+y^2).$$

Digitized by Google

On a :

$$u=\frac{\partial\Phi}{\partial x}=-\Gamma\frac{y}{r^2}\qquad v=\frac{\partial\Phi}{\partial y}=+\Gamma\frac{x}{r^2}.$$

Donc $\vec{V}$ est, en un point M, le vecteur perpendiculaire à OM, de sens tel que les vecteurs $\overrightarrow{OM}$ et $\vec{V}$ ont la même orientation que $\overrightarrow{Ox}$, $\overrightarrow{Oy}$, si Γ est positif. Et l'on a en valeur absolue :

$$V=\frac{\Gamma}{r}.$$

La circulation, définie et représentée par l'intégrale curviligne

$$\int u\,dx+v\,dy$$

prise le long d'un contour simple fermé de sens direct entourant l'origine, est égale à $2\pi\Gamma$.

Les lignes de flux sont les cercles

$$\Psi=\text{constante}\quad\text{ou}\quad r=\text{constante}.$$

Le mouvement est giratoire ; mais il est exempt de tourbillon.

Négligeons la pesanteur ; le théorème de Bernoulli donne la pression, savoir :

$$\frac{p}{\varpi}+\frac{V^2}{2g}=\text{constante},$$

ou

$$p=c-\frac{1}{2}\rho\cdot\frac{\Gamma^2}{r^2}.$$

Il faut bien distinguer ce mouvement giratoire irrotationnel du mouvement tourbillonnaire que l'on obtient en imaginant qu'un cylindre de fluide tourne d'une seule pièce autour de son axe de révolution d'un mouvement de rotation uniforme. Ce mouvement-ci est un mouvement tourbillonnaire. Au centre, le tourbillon est égal à la vitesse angulaire ; et en un point quelconque du système le tourbillon conserve encore la même valeur, puisque l'on peut transporter une rotation parallèlement à elle-même, sans la modifier, à la seule condition de lui annexer une certaine translation perpendiculaire. En un point quelconque, la vitesse a pour projections

Digitized by Google

$$u = -\omega y, \qquad v = \omega x,$$

et l'on a

$$2\gamma = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = 2\omega,$$

ou

$$\gamma = \omega.$$

L'équation de continuité se trouve évidemment satisfaite d'elle-même dans un mouvement de ce genre et il est facile d'avoir la pression. Les équations dynamiques, où nous négligeons la force extérieure, sont, dans le cas du régime permanent :

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x}(u^2+v^2) + 2\omega v = 0,$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial y}(u^2+v^2) - 2\omega u = 0,$$

ou

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial x}\omega^2 r^2 + 2\omega^2 x = 0,$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial y}\omega^2 r^2 + 2\omega^2 y = 0.$$

ce qui prouve, ρ étant considéré comme constant, que la fonction

$$\frac{p}{\rho} + \frac{3}{2}\omega^2 r^2$$

est indépendante de x et de y ; et, comme le mouvement est permanent, on a :

$$p = c - \frac{3}{2}\rho\omega^2 r^2.$$

La force centrifuge contrarie évidemment la pression extérieure, et r ne peut dépasser une certaine limite sans que p devienne négatif. Il y aurait alors rupture.

Mais dans ces limites, on peut faire en sorte que la pression prenne, à la distance a, une valeur égale à celle qui règne à cette distance dans le mouvement giratoire irrotationnel. Il y aura en même temps raccordement des vitesses par un choix convenable des constantes.

Digitized by Google

On peut enfin superposer à ce mouvement une translation uniforme dans le sens de l'axe.

On obtient ainsi un mouvement complexe dans lequel il y a un noyau de rayon a animé d'un mouvement uniforme hélicoïdal, entouré d'un milieu dont le mouvement giratoire va s'éteindre à l'infini et qui participe à la translation. C'est la façon la plus simple de concevoir le mouvement résultant de l'action propulsive d'une hélice de diamètre a.

L'hélice semble se visser dans le noyau central comme dans un écrou solide, et le milieu ambiant suit le mouvement avec une vitesse décroissante au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'axe. Dans le régime permanent, tout le fluide participe à la translation.

Pour un second exemple de mouvement irrotationnel, bien voisin du premier, prenons la dérivée par rapport à $x+y\sqrt{-1}$ de la fonction logarithmique que nous venons de considérer, et ajoutons une fonction linéaire ; nous aurons :

$$f(x+y\sqrt{-1})=c\,(x+y\sqrt{-1})+\frac{c\,a^2}{(x+y\sqrt{-1})},$$

ou

$$f(x+y\sqrt{-1})=c\,(x+y\sqrt{-1})+\frac{c\,a^2(x-y\sqrt{-1})}{r^2},$$

d'où :

$$\Phi=c\,x+\frac{c\,a^2\,x}{r^2}, \qquad \Psi=c\,y-\frac{c\,a^2\,y}{r^2}.$$

Par suite, on a en prenant les dérivées de Φ :

$$u=c-c\,a^2\,\frac{x^2-y^2}{r^4},$$

$$v=-2\,c\,a^2\,\frac{x\,y}{r^4}.$$

Donc, à l'infini la vitesse se réduit à la composante c parallèle à l'axe des x. D'autre part, nous avons une ligne de flux, constituée

1° par l'axe des x :

$$y=0,$$

2° par la circonférence de cercle

$$r=a,$$

Digitized by Google

puisque l'on a alors $\Psi=0$, et que les lignes de flux sont les trajectoires normales, formant la famille.

$$\Psi=\text{constante.}$$

On voit que le problème traité est celui du mouvement d'un fluide, de densité sensiblement constante, animée d'une vitesse donnée c dans la direction de l'axe des x, autour d'un obstacle qui est constitué par le cylindre $(r=a)$, placé transversalement au courant.

Pour avoir la pression sur l'obstacle, nous calculons la vitesse qui entre dans la formule de Bernoulli. Écrivons :

$$x=r\cos\varphi,\quad u=c-\frac{ca^2}{r^2}\cos 2\varphi,$$

$$y=r\sin\varphi,\quad v=-\frac{ca^2}{r^2}\sin 2\varphi,$$

$$V^2=u^2+v^2=c^2\left(1-\frac{2a^2}{r^2}\cos 2\varphi+\frac{a^4}{r^4}\right).$$

Appelons p_0 la pression à l'infini $(r=\infty)$, nous avons :

$$\frac{p}{\varpi}+\frac{c^2}{2g}\left(1-\frac{2a^2}{r^2}\cos 2\varphi+\frac{a^4}{r^4}\right)=\frac{p_0}{\varpi}+\frac{c^2}{2g},$$

d'où, en un point du cylindre

$$r=a,$$

la pression p :

$$p=p_0+\frac{c^2\varpi}{2g}(1-4\sin^2\varphi).$$

Il est clair que la pression est répartie symétriquement et que la résultante est nulle.

L'analogie électrique fait assez bien comprendre ce résultat paradoxal. Si l'on met un cylindre conducteur normalement à un champ électrique uniforme, il se polarise, mais il n'a pas plus tendance à aller vers les hauts potentiels que vers les bas potentiels.

Enfin passons à un troisième exemple, celui où l'on aurait :

$$f(x+y\sqrt{-1})=c(x+y\sqrt{-1})+\frac{ca^2}{x+y\sqrt{-1}}+$$
$$+\Gamma\sqrt{-1}\log(x+y\sqrt{-1}).$$

Digitized by Google

Nous avons le mouvement précédent, correspondant aux deux premiers termes, combiné avec le mouvement giratoire correspondant au dernier. On aura la vitesse en chaque point dans le mouvement considéré en composant les vitesses précédemment déterminées.

J'ai seulement changé le signe de Γ.

Il est clair que, la circonférence du cylindre $x=a$ étant ligne de flux dans le mouvement giratoire comme dans le mouvement que nous venons d'étudier, elle sera aussi ligne de flux dans le cas présent. On peut supposer qu'elle contourne un obstacle cylindrique.

Il s'agit alors de calculer la poussée.

On recourt encore à la formule de Bernoulli.

Mais auparavant calculons la vitesse. On a :

$$u=c\left(1-\frac{a^2}{r^2}\cos 2\varphi\right)+\frac{\Gamma}{r}\sin\varphi,$$

$$v=-\frac{ca^2}{r^2}\sin 2\varphi-\frac{\Gamma}{r}\cos\varphi,$$

d'où :

$$V^2=u^2+v^2,$$

$$V^2=c^2\left(1-\frac{2a^2}{r^2}\cos 2\varphi+\frac{a^4}{r^4}\right)+\frac{\Gamma^2}{r^2}+\frac{2c\Gamma}{r}\sin\varphi\left(1+\frac{a^2}{r^2}\right),$$

et, pour un point de la surface de l'obstacle ($r=a$) :

$$V^2=4c^2\sin^2\varphi+\frac{\Gamma^2}{a^2}+\frac{4c\Gamma}{a}\sin\varphi.$$

La formule de Bernoulli donne la pression :

$$p=-\frac{\varpi}{2g}V^2+\text{constante}.$$

La poussée Π par unité de longueur dans le sens des génératrices, est, de bas en haut :

$$\Pi=+\int_0^{2\pi}p\sin\varphi\,a\,d\varphi,$$

ou

$$\Pi=+\int_0^{2\pi}\frac{\varpi}{2g}\cdot\frac{4c\Gamma}{a}\sin^2\varphi\,a\,d\varphi=+\frac{2\varpi}{g}\pi\Gamma c.$$

(ϖ, poids spécifique ; $\pi=3{,}1415$).

Digitized by Google

Par conséquent, la poussée est proportionnelle à la densité du fluide $\frac{\varpi}{g}$, à la vitesse du courant c, et à la constante de circulation $2\pi\Gamma$.

Si c est dirigé dans le sens de Ox, et que la circulation ait lieu dans le sens de Oy vers Ox, la poussée est dirigée de bas en haut.

C'est la proposition de Kutta et Youkowski.

On peut appliquer ces considérations à l'aviation, en remarquant que les mouvements de l'avion ne sont pas assez rapides pour que la densité de l'air change sensiblement dans son voisinage, ce qui permet de traiter l'air comme un fluide incompressible. D'autre part, la surface rugueuse du corps de l'avion engendre des tourbillons comme le noyau solide que nous avons imaginé plus haut ; mais ceux-ci ont leur contrepartie dans une circulation de sens contraire qui se forme autour de l'avion. A une certaine distance, il n'y a plus de tourbillons, ils se sont évanouis et nous avons un mouvement giratoire. On considère dans cette région une surface cylindrique quelconque, et c'est sur cette surface, dite surface de contrôle, que nous calculons la poussée. Elle ne dépend pas du rayon a de cette surface, ce qui confirme que l'on peut bien la choisir à volonté.

La poussée est proportionnelle à la circulation et à la vitesse, avec un coefficient, à savoir la densité ρ, qui est une constante caractéristique du milieu.

La direction de la poussée est perpendiculaire à la vitesse et à l'axe de la circulation.

De même, quand un élément de courant électrique est exposé transversalement à un champ magnétique il subit une force mécanique qui est proportionnelle à son intensité et à l'induction magnétique, c'est-à-dire au champ et à une constante caractéristique du milieu qui est la perméabilité magnétique. Cette force est perpendiculaire à l'élément et au vecteur induction magnétique.

Les lois sont donc tout à fait analogues, en électro-magnétisme et en aviation.

Digitized by Google

L'AVIATION POSTALE AUX ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE (1),

Par Jacques BRÉGUET.

La plus belle application, à mon avis, de l'aviation américaine est celle que constitue la réalisation de la grande ligne postale aérienne transcontinentale et des autres lignes postales qui s'y bifurquent ou en sont la conséquence ; les résultats ont été saisissants ; aussi je pense qu'il est nécessaire que je vous entretienne plus particulièrement de l'organisation et du fonctionnement de la grande ligne aérienne postale de New York à San Francisco.

Les citoyens des États-Unis se rendent bien compte d'ailleurs, de l'intérêt du résultat obtenu ; aussi des comptes rendus et des communications officielles nombreuses permettent de posséder des chiffres et des renseignements précis qu'il peut être intéressant de vous indiquer.

L'étendue même de cet immense continent américain, la densité de ses centres industriels, l'absence de frontières intérieures et d'intérêts économiques divergents a rendu évidemment plus facile qu'en Europe la réalisation d'un réseau de lignes postales aériennes. L'intensité formidable des échanges entre les grandes agglomérations urbaines des côtes de l'Atlantique et du Pacifique, et la lenteur relative des communications ferroviaires entre New York et San Francisco, par suite de l'immensité des distances, et la hauteur des chaînes successives de montagnes à traverser, stimulant plus qu'ailleurs les initiatives privées et publiques, dans la recherche de l'accélération des correspondances.

C'est pourquoi la ligne postale aérienne transcontinentale

(1) Extrait d'un article paru dans *L'aérophile* (15 avril 1926).

Digitized by Google

de New York à San Francisco a été la première ligne postale aérienne fonctionnant au monde, avant les lignes Latécoère de Toulouse à Casablanca, et, depuis le 1er juillet 1924, cette ligne fonctionne d'une façon ininterrompue, en ce sens que les avions, partant chaque jour de New York d'un côté et de San Francisco de l'autre, ne s'arrêtent que pour relayer les pilotes et leur permettre le remplacement du matériel; mais ces arrêts ne sont que de quelques minutes, l'avion postal parcourant de jour comme de nuit son trajet prévu.

Il fallait donc réaliser des vols de nuit, problème à l'ordre du jour partout, à peine résolu théoriquement en Europe ; mais, comme vous le verrez, problème résolu pratiquement aux États-Unis depuis bientôt deux ans.

L'administration des postes américaines, sous l'énergique impulsion du colonel Henderson, second assistant du Post Master General des États-Unis, a réalisé cette tâche difficile de l'organisation complète de cette ligne. Le congrès de Washington vote un crédit spécial de 2.750.000 dollars pour les frais d'organisation des vols de nuit. La route aérienne choisie entre New York et San Francisco suit sensiblement le 42e parallèle, c'est-à-dire le parallèle de Barcelone et de Rome, et passe par les grandes villes suivantes : Cleveland, Chicago, Cheyenne, Salt Lake City. Cette ligne s'étend sur une longueur d'environ 2.680 miles, soit 4.400 kilomètres, c'est-à-dire la distance de Paris à Bagdad. Cette route traverse trois chaînes de montagnes, les monts Alleghanis, les montagnes rocheuses et la Sierra-Nevada; il faut franchir des cols dépassant 2.400 mètres d'altitude.

Le colonel Henderson eut ainsi quatre tâches à remplir :

1° Organiser toute l'infrastructure de sa ligne, aérogares, champs d'atterrissage, ateliers, matériel d'éclairage et de balisage de nuit, etc..;

2° Organiser le matériel volant, en utilisant autant que possible des avions et des moteurs existants;

3° Organiser le trafic, c'est-à-dire dresser le personnel et créer des services de nature à assurer la bonne marche de cette création nouvelle et certes un peu hasardeuse ;

Digitized by Google

4° Organiser enfin un service de propagande aéronautique et de publicité, permettant d'obtenir rapidement le fret postal nécessaire à la bonne utilisation de cette ligne aérienne nouvelle et dispendieuse.

Cette quadruple tâche fut menée à bonne fin et, il faut le dire, de la façon la plus magistrale.

Chaque ville jalonnant l'itinéraire aérien possède son aérogare complète, correspondant aux gares ferroviaires et aux nœuds de communications. Chaque aérogare possède ses magasins, dépôt, bureaux, poste de T. S. F.. Dix-huit de telles gares jalonnent la ligne. Quatre-vingt-neuf champs d'atterrissage de secours sont disposés entre les gares principales, et se trouvent donc à une distance moyenne l'une de l'autre de 30 miles, soit 45 kilomètres. Sur chacun de ces champs est établi un phare, monté sur pylône de 17 mètres de hauteur ; ce phare sert au balisage aérien et au repérage, et un deuxième phare aussi puissant sert à l'illumination nécessaire du terrain d'atterrissage. Entre ces champs, ont été établis 28 phares de route, avec chacun un gardien, et 30 phares automatiques sans gardien. Enfin 417 feux de signalisation de 3.000 bougies chacun se trouve éspacés entre New York et Rockspring, à une distance moyenne l'un de l'autre de 5 miles, soit 8 kilomètres. C'est donc une véritable route lumineuse qui s'étend entre ces deux villes, distantes de plus de 3.000 kilomètres, et qui permet aux avions de ne jamais perdre de vue un feu de route.

Le service des postes comprend : 96 avions, dont 83 en état de vol et 13 en révision ; 61 sont équipés pour les vols de nuit, et possèdent l'éclairage de bord nécessaire, ainsi que des phares d'atterrissage dans la voilure et des parachutes lumineux. Ces appareils sont tous du type de Haviland n° 4, avions construits pendant la guerre, munis des fameux moteurs Liberty, aujourd'hui mis au point, mais qui n'ont en somme pu être utilisés que longtemps après l'armistice. Tous ces appareils ont été transformés et adaptés à leurs nouvelles fonctions dans les ateliers du service des postes près de Chicago ; ils sont tout de même d'anciens avions de guerre, ne se prêtant pas parfaitement à leur

Digitized by Google

nouvel emploi. Aussi un concours est-il ouvert entre les constructeurs, en vue de la présentation d'un nouveau modèle, répondant à des conditions déterminées. Chaque pilote a un appareil personnel qui lui est assigné pour son usage exclusif.

L'effectif de cette organisation considérable se compose de 1.764 employés, ingénieurs, mécaniciens, gardiens, etc..., dont 46 pilotes.

Il vous intéressera peut-être de connaître les salaires des pilotes américains de la ligne transcontinentale. Le salaire annuel de base des pilotes américains est compris, selon l'ancienneté et la proportion de trafic nocturne et diurne, entre 2.000 et 3.600 dollars, c'est-à-dire, si l'on considère que la puissance d'achat du dollar est aux États-Unis de l'ordre de grandeur de 10 francs, compris entre 20.000 et 36.000 francs. A ce salaire, viennent s'ajouter des primes par mile parcouru et par journée de vol, qui augmentent sensiblement ces prix. Le salaire moyen des pilotes pendant l'année 1925 a été de 6.760 dollars, soit, par le même calcul que précédemment, de 67.600 francs, ce qui est certes extrêmement intéressant, mais correspond à un métier dur et, il faut le dire, dangereux, où il faut voler par tous les temps et traverser les montagnes, même sous des tempêtes de neige.

Le trajet total est effectué entre New York et San Francisco en 34 heures 20 minutes, et dans l'autre sens en 29 heures 15 minutes (car les vents sont en moyenne plus favorables dans le retour vers l'Atlantique), alors que le chemin de fer met théoriquement 120 heures pour effectuer ce trajet, et plus souvent six jours. Les pilotes et avions sont changés six fois en cours de route, à Cleveland, Chicago, Omaha, Cheyenne, Salt Lake City et Reno ; le parcours moyen d'une étape de pilote est de 381 miles, soit 615 kilomètres. L'étape la plus longue est celle de Omaha à Cheyenne, qui, pour un seul pilote, est de 470 miles, ou 765 kilomètres ; c'est l'étape dans la région des prairies, c'est-à-dire la moins dure, mais une étape de nuit.

J'ai visité l'aérodrome de Cleveland, station-relais, à distance sensiblement égale entre New York et Chicago, sur le lac

Digitized by Google

Erié, l'organisation m'en a paru tout à fait remarquable de confortable et de perfection dans le détail. Les hangars, construits en maçonnerie, sont admirablement chauffés et éclairés, et j'ai eu la satisfaction de constater que c'était une maison française, les constructeurs Barbier, Bénard et Turenne, qui avaient fourni toute l'installation des phares et signalisations aériennes de ce port.

Cette première ligne aérienne postale est extrêmement intéressante à suivre ; elle est entièrement gérée par l'État, mais le sentiment général est, comme je l'ai déjà dit, antiétatiste, de telle sorte que le parlement encourage, dans cet heureux pays, l'administration des postes à passer des conventions avec les particuliers pour l'exploitation des nouvelles lignes aériennes postales. La loi Clyde Kelly, récemment votée par le congrès, autorise en effet le directeur général des postes à passer des contrats avec tout individu ou société pour le transport postal entre tous les endroits qu'il peut désigner, à un taux qui n'excédera pas les 4/5 des revenus tirés du service aérien concédé.

A peine la grande ligne transcontinentale était-elle installée et fonctionnait-elle à peu près normalement, qu'un nouveau besoin se fit sentir. Pour traverser tout le continent américain avec le minimum de parcours nocturne, et par conséquent les meilleures conditions de sécurité, il était nécessaire de partir le matin de New York, de franchir de jour les Alleghanis, d'arriver à la nuit tombante dans la région des plaines et des plateaux du Iowa et du Nebraska, qui comportent le parcours le plus facile, de parvenir à l'aube à Cheyenne, de façon à avoir la lumière du jour pour traverser entre le lever et le coucher du soleil les régions difficiles des montagnes rocheuses et de la Sierra Nevada, et pour arriver enfin avant l'obscurité vers 6 heures du soir à San Francisco. Mais cet horaire, nécessaire dans les conditions actuelles du trafic et de la vitesse des appareils utilisés, met le fret postal dans la nécessité de partir le matin de New York pour arriver à Chicago à 6 heures du soir. Une journée entière est donc perdue entre ces deux villes, et le courrier aérien

Digitized by Google

mis à la poste le soir ne parvient à son destinaire à Chicago que le surlendemain matin, sans aucun gain de temps sur le courrier qui emprunte la voie ferrée, laquelle met vingt heures.

Le colonel Henderson, frappé de cette constatation, provoqua, dès le 10 juillet 1924, une réunion à Chicago entre les principaux intéressés et usagers du trafic entre New York et cette ville. Il résulta des renseignements recueillis dans cette réunion, que les banquiers et les hommes d'affaires de ces deux centres, les deux plus importants des États-Unis, étaient susceptibles de procurer un fret aérien considérable, si la poste pouvait faire parvenir, dans chacune de ces deux villes, le courrier mis à la poste la veille au soir dans l'autre ville. L'enquête des services techniques concluait en effet que New York pouvait remettre chaque soir environ 500 kilos de correspondance à destination de Chicago, et Chicago environ 200 kilos, c'est-à-dire au moins sept fois plus que sur le reste de la ligne transcontinentale.

Un service spécial de nuit entre New York et Chicago, se superposant avec le service transcontinental, mais avec des heures différentes, fut donc immédiatement décidé par l'assistant Post Master, avec son esprit de réalisation si remarquable. Il utilisa les crédits qu'il avait encore disponibles pour l'achat de nouveaux avions, à l'agencement des appareils d'éclairage et de balisage nocturnes entre New York et Chicago. Le 14 novembre 1924, le surintendant général du service postal aérien, M. Cail Egge, put soumettre au département fédéral des postes le plan complet de la nouvelle installation nécessaire aux vols de nuit entre New York et Chicago.

Le premier travail consistait dans l'aménagement, aux environs de New York, d'une nouvelle aérogare terminus. L'ancien terrain à Harelhurst Field dans l'île de Long Island, juste au nord de l'aérodrome militaire de Mitchel Field, et contigu à la station d'essai de la maison Curtiss, se trouvait en effet à 25 miles (soit 40 kilomètres) à l'est de New York ; et le vol de départ devait s'effectuer toujours sur la région difficile, et en même temps brumeuse, de l'agglomération urbaine de New York.

Digitized by Google

Il y avait donc intérêt à organiser un nouveau champ de départ à l'ouest de New York, pour gagner une partie du trajet, éviter les brouillards du Long Island et de l'Hudson, et n'avoir surtout pas à survoler toute la ville. Un nouvel aérodrome fut donc organisé à Hadley, près de New York, dans l'état de New Jersey, à environ 30 miles à l'ouest de New York. Les avions ont donc 50 miles environ de moins à voler de New York à Chicago qu'avec l'aérogare primitive.

Le reste de la route, entre Hadley, aérogare de New York, et Maywood, aérogare de Chicago, fut constitué par l'itinéraire de la ligne transcontinentale, et vingt-deux terrains d'atterrissage de secours furent établis entre ces deux terminus, distants sensiblement l'un de l'autre de 25 miles, avec le même luxe d'éclairage que sur le reste de la ligne.

Après l'exécution de ces travaux et la bonne réalisation d'essais méthodiques des vols de nuit correspondants, cette nouvelle ligne fut inaugurée le 1er juillet 1925, et elle fonctionne depuis ce moment d'une façon tout à fait encourageante.

Le ou les avions partent de Hadley Field à 9 heures 30 minutes du soir (heure orientale), et arrivent à Maywood Field à 5 heures 30 minutes du matin (heure centrale) ; ils doivent quitter Maywood à 7 heures 30 minutes du soir (heure centrale), pour arriver à Hadley Field à 5 heures du matin (heure orientale).

Les lettres peuvent être déposées au bureau central des postes jusqu'à 7h, 30 du soir à New York, et, dans les boîtes spéciales du courrier aérien, peintes en rouge, blanc et bleu, disséminées en plusieurs endroits de la cité, jusqu'à 6 heures du soir. La correspondance ainsi mise à la poste est distribuée à Chicago le lendemain matin à la première levée, grandement à temps pour l'ouverture des affaires.

La poste aérienne fonctionne d'une manière analogue de Chicago à New York.

Comme l'indique un rapport récent du 23 septembre 1925 du Post Master Général, ce service a une grande popularité, et il transporte déjà une moyenne de 100 kilos de correspondance

Digitized by Google

dans chaque sens, ce qui, pour un poids moyen de 20 grammes par lettre, représente déjà 5.000 lettres par jour ou 300.000 lettres par mois dans les deux sens. Lors d'une certaine nuit de septembre, il fallut même transporter 250 kilogrammes de lettres et affréter deux avions pour le service. Les Américains usagers de la poste aérienne sont aujourd'hui aux États-Unis les banquiers et les maisons de courtage ; les affaires qu'ils traitent sont « l'argent ». Il a, paraît-il, été estimé qu'avec l'organisation postale aérienne actuelle, naviguent journellement dans les airs, un demi-milliard de dollars. Plus la durée du transport est courte, plus l'intérêt de l'argent qui circule et qui est improductif pendant le trajet est faible. C'est pourquoi les financiers, considérés partout comme des gens prudents et conservateurs, sont aujourd'hui aux États-Unis les plus enthousiastes de ce moyen de transport postal. Quatre jours gagnés entre New York et San Francisco pour l'arrivée d'une somme égale à un demi-milliard, représentent, à 6 °/₀ l'an, une économie globale de 100.000 dollars ; le transport aérien fait donc gagner aux banquiers et à leurs clients une somme journalière de deux millions et demi de francs, compte tenu du change à 25 francs ; l'opération, vous le voyez, en vaut la peine !

La taxation de la poste aérienne est, pour l'intérieur, de huit cents par once, soit 80ᵉ pour 30 grammes. Et ce tarif s'applique pour chacune des trois zones ou fractions de zones : New York—Chicago, Chicago—Cheyenne, Cheyenne—San Francisco.

Il est intéressant de faire remarquer que, à partir du 16 février 1925, une convention a été passée entre l'administration des postes américaines et notre sous-secrétaire d'État des P.T.T., d'après laquelle les correspondances mises à la poste en France, à destination des États-Unis d'Amérique et de l'extrême-orient, peuvent emprunter pour leur acheminement la ligne transcontinentale aérienne avec les surtaxes suivantes :

pour la première (New York—Chicago) : 2ᶠ,20 ;

pour la deuxième (Chicago—Cheyenne) : 4ᶠ,20, dans les mêmes conditions ;

pour la troisième (Cheyenne—San Francisco) : 6ᶠ,20.

Digitized by Google

Ces taxes sont évidemment élevées ; elles tiennent compte, dans les circonstances présentes, de la valeur malheureusement trop forte du dollar en francs.

Un de mes amis français, étant à San Francisco dans la deuxième quinzaine d'octobre, a reçu dans cette ville, le 20 octobre, une lettre datée de Paris du 11 octobre. C'est un beau résultat, qui justifie les sacrifices faits, car l'aviation postale est payante, mais non encore rémunératrice.

Digitized by Google

Télégraphie sur longs circuits bifilaires en conducteurs de petit diamètre par le SYSTÈME DUPLEX A RELAIS POLARISÉS de l'International standard electric corporation,

Par J. H. BELL, R. B. SHANCK, et D. E. BRANSON (1).

Résumé. — *En vue de l'exécution du programme de construction de câbles à longue distance dressé par la compagnie Bell, un procédé de télégraphie duplex avec relais polarisés a été mis au point. Les circuits entièrement métalliques logés dans les câbles se prêtent particulièrement bien à ce nouveau mode d'exploitation ; ces circuits étant à l'abri de tout trouble par induction, on peut se contenter de courants et tensions relativement faibles, ce qui permet d'approprier les circuits téléphoniques à la télégraphie. Le nouveau système constitue un perfectionnement remarquable des circuits télégraphiques exploités en courant continu, car le courant de service est du même ordre de grandeur que ceux des circuits téléphoniques sur lesquels sont transmis les signaux télégraphiques.*

On trouvera ci-dessous la description des caractéristiques les plus marquantes du nouveau système. On insère, sur le circuit métallique des relais sensibles dont les enroulements sont rigoureusement équilibrés ; pour réduire la distorsion des signaux, on a recours à des « circuits vibrants ». D'ordinaire, les translations (repeaters) sont insérées sur le circuit tous les 160 kilomètres environ. On utilise des batteries de 34 volts ; le courant de ligne est de 4 ou 5 milliampères. La superposition des courants télégraphiques aux courants téléphoniques s'effectue suivant une méthode basée sur la discrimination des fréquences ; on utilise pour la télégraphie une bande de fréquences située au-dessous de la bande réservée à la téléphonie. On a imaginé des dispositifs locaux, comprenant des relais polarisés qui

(1) Traduction d'une brochure publiée par les « Bell Telephone laboratories ».

Digitized by Google

retransmettent les signaux ; ces dispositifs permettent de réaliser des circuits qui conviennent à la transmission par courants porteurs en même temps qu'à la télégraphie par le système duplex à relais polarisés avec retour par le sol. De nouveaux montages sont employés ; dans certains cas, une translation constitue un bloc unique ; d'autres fois, elle est composée de différentes parties, montées sur des poutrelles en I, et reliées électriquement en elles. Dans ce dernier cas, on n'a plus besoin des appareils servant à transmettre et à recevoir à partir du relais télégraphique ; on utilise alors un dispositif distinct de surveillance (monitoring), que l'on connecte à l'un quelconque des groupes de translations.

Ce système de télégraphie sur circuits métalliques permet de réaliser des communications dont la longueur atteint ou dépasse 1.600 kilomètres ; la qualité du service est supérieure à celle qu'on obtient sur des lignes télégraphiques en fils nus aériens de même longueur et utilisant la terre comme conducteur de retour. A l'heure présente, il existe en service environ 88.000 kilomètres de circuits télégraphiques de ce genre.

Introduction. — La compagnie Bell a réalisé récemment un système de télégraphie sur circuits entièrement métalliques par courants faibles ; ce système est du type « duplex à relais polarisés », qui se prête à l'appropriation à la télégraphie des circuits téléphoniques, en fil de petit diamètre, des câbles à longue distance. Dans certaines régions où le trafic téléphonique est intense, il est désirable, pour des raisons d'économie et dans l'intérêt du service, d'employer ces câbles en remplacement des lignes aériennes existantes, et l'on prévoit dès maintenant leur emploi de plus en plus fréquent. Le nouveau procédé de télégraphie est appliqué sur une grande échelle sur le réseau de câbles à longue distance dont les caractéristiques essentielles et les principaux organes ont été décrits dans d'autres publications (1). Dans la présente étude, on expose les particularités

(1) *Section Philadelphie-Pittsburg du câble New York—Chicago*, par J. J. Pilliod : *Journal A.I.E.E.*, 1922, p. 446. — *La transmission téléphonique sur les circuits à longue distance en câbles*, par A. B. Clark : *Journal A.I.E.E.*, 1923, p. 1. — *Équipement des longs circuits téléphoniques en câbles*, par C.S. Demarest : *Journal A.I.E.E.*, 1923, p. 1159.

Digitized by Google

générales du nouveau système et de la méthode qui permet de l'utiliser sur les circuits téléphoniques à 2 et à 4 fils des câbles en conducteurs de petit diamètre.

On a choisi, de préférence aux lignes télégraphiques avec retour par la terre, des circuits télégraphiques entièrement métalliques, parce qu'il est apparu que ceux-ci se prêtaient mieux à la solution immédiate des problèmes d'ordre technique et parce qu'ils étaient plus économiques, du fait qu'on disposait d'un nombre de conducteurs suffisant dans les câbles posés pour les besoins de la téléphonie. Sur un long circuit téléphonique en câble, dont les conducteurs ont un petit diamètre, il est nécessaire d'employer plusieurs relais téléphoniques échelonnés, dont l'amplification est relativement considérable, ainsi que des bobines de charge que l'on intercale sur la ligne à intervalles rapprochés. Il s'ensuit que les troubles causés par les courants télégraphiques seraient excessifs si les courants et tensions télégraphiques n'avaient des valeurs de beaucoup inférieures à celles des courants et tensions employés en télégraphie ordinaire avec retour par la terre. Pour que, sur les lignes télégraphiques avec retour par le sol, on puisse travailler avec des courants et tensions faibles, il faudrait imaginer des dispositifs spéciaux pour remédier aux différences entre les potentiels des terres et pour combattre les effets d'induction dûs aux circuits télégraphiques du même câble aussi bien qu'aux lignes d'énergie voisines. Il est évident qu'un circuit télégraphique entièrement métallique présente, par rapport à une ligne télégraphique avec retour par la terre, des avantages de transmission aussi marqués que ceux que possède un circuit téléphonique bifilaire par rapport à un circuit téléphonique unifilaire.

Cette idée a conduit à la réalisation d'un système de télégraphie qui, à certains égards, est unique au point de vue de la perfection. Les courants télégraphiques sont du même ordre de grandeur que les courants téléphoniques circulant sur les circuits du câble appropriés à la télégraphie. En principe, un câble se prête moins bien qu'une ligne aérienne à la transmission télégraphique, puisque 1.600 mètres (1 mile) de câble en fil de petit

Digitized by Google

diamètre ont, sur la transmission, un effet comparable à plusieurs kilomètres de fil nu ; cependant, le système décrit ici permet de réaliser une bonne transmission sur chaque paire de conducteurs du câble, à des distances atteignant 1.600 kilomètres, voire davantage.

On utilise deux types perfectionnés de montage ; dans l'un d'eux, une translation constitue un organe complet en soi ; dans l'autre, elle est constituée par plusieurs unités montées sur des poutrelles en I disposées verticalement. Les électro-aimants fonctionnent sans bruit, et, normalement, les parleurs sont silencieux car on ne les utilise que rarement. En résumé, un bureau télégraphique utilisant le nouveau système ne ressemble que de très loin à l'ancien central télégraphique où tous les appareils étaient montés sur des tables et où des centaines de parleurs fonctionnaient en même temps.

Principes du fonctionnement. — Pour décrire les principes généraux sur lesquels est basé le système de télégraphie qui nous occupe, il est bon de partir du système duplex ordinaire à

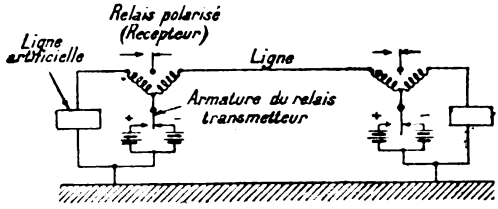


Fig. 1. — Duplex différentiel sur circuit à retour par la terre.

relais polarisés utilisant la terre comme conducteur de retour, dont le schéma est représenté sur la figure 1. On voit qu'à chacune des extrémités de la ligne se trouve un relais transmetteur et un relais récepteur. Lorsque le transmetteur est actionné, un courant est envoyé sur le circuit et sur la ligne artificielle ; on utilise une certaine polarité pour les signaux de travail, et une autre pour les intervalles (ou « blancs »). Si l'impédance de la ligne artificielle est égale à celle de la ligne réelle, il ne se produit aucun effet sur le relais récepteur du poste transmetteur en

Digitized by Google

raison du montage différentiel, mais les courants qui atteignent le poste récepteur font fonctionner le relais de ce poste.

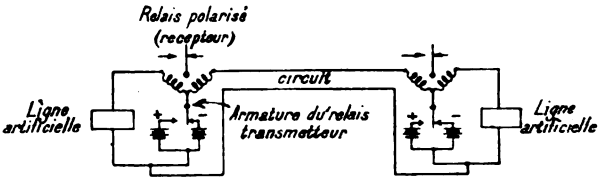


Fig. 2. — Duplex différentiel sur circuit métallique.

On peut donc transmettre, dans un sens ou dans l'autre, ou dans les deux sens en même temps.

Sur la figure 2, la terre est remplacée par un deuxième fil,

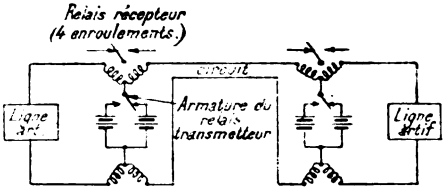


Fig. 3. — Duplex différentiel symétrique sur circuit métallique.

de sorte que maintenant le circuit est entièrement métallique.

La figure 3 ne se distingue de la figure 2 que parce qu'au lieu d'avoir deux enroulements chaque relais récepteur en comporte 4, ce qui rend le roulement symétrique.

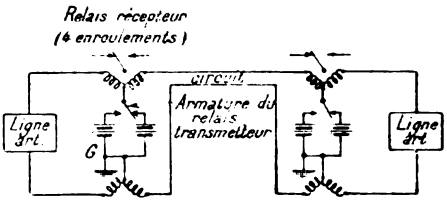


Fig. 4. — Circuit métallique duplex (commutation simple).

Si, en service courant, on veut que le même jeu de batteries alimente tous les circuits partant d'un même bureau télégraphique, il faut mettre le point G de l'installation à la terre (fig. 4). De cette façon on rend plus stable le système, et l'on peut remédier plus facilement aux mises accidentelles à la terre.

Digitized by Google

Bien qu'il en résulte un déséquilibre des courants dans le circuit, il ne se produit pas de variations appréciables des courants de service sur les circuits télégraphiques à deux fils si les appareils et la ligne sont bien équilibrés ; cette disposition présente les caractéristiques essentielles d'un circuit télégraphique entièrement métallique. Toutefois, il peut être utile de remarquer que le fil du haut sert exclusivement à la transmission des signaux, tandis que le fil du bas véhicule seulement le courant neutralisant dont le rôle est de combattre l'effet des courants parasites dus aux différences entre potentiels des terres et aux tensions

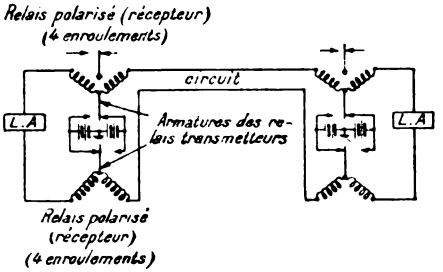


Fig. 5. — Circuit métallique duplex (commutation double).

induites par les lignes d'énergie ou les fils télégraphiques voisins. Puisque chaque paire de conducteurs du câble est rigoureusement équilibrée, qu'elle constitue une boucle de faible largeur, qu'elle comporte des rotations ou croisements à intervalles rapprochés, il est évident que, pratiquement, les courants dûs à l'induction sont égaux dans les deux fils ; ils circulent d'ailleurs dans le même sens et ne peuvent influer sur le fonctionnement des relais équilibrés.

La figure 5 représente un type différent de circuit télégraphique entièrement métallique ; ici, le relais transmetteur possède deux armatures qui inversent les connexions d'une même batterie, au lieu d'effectuer une commutation entre deux batteries distinctes comme dans le cas de la figure 4. Le point milieu de la batterie de chaque poste est mis à la terre, dans le but de rendre le système plus stable et de faciliter le relèvement des dérangements.

Les circuits du type représenté sur la figure 5 sont les plus

Digitized by Google

anciens en date ; on s'en est beaucoup servi de préférence au type représenté sur la figure 4 parce qu'il fut un temps où l'on ne savait réaliser un équilibre suffisamment rigoureux des enroulements des relais. Lorsqu'on eut perfectionné les relais, on put construire des relais télégraphiques utilisés comme l'indique la figure 4 et, de ce fait, on put réaliser des économies. Ces deux dispositifs, connus respectivement sous le nom de « commutation double » et de « commutation simple », peuvent être employés concurremment sur une même section de ligne comprise entre deux relais télégraphiques successifs.

Les circuits locaux des relais télégraphiques sont disposés de manière à pouvoir servir aussi bien à la transmission simultanée dans les deux sens (duplex intégral), qu'à la transmission dans un seul sens (semi-duplex) ; dans ce dernier cas, les communications sont aussi faciles que sur une ligne télégraphique desservie au morse de la manière habituelle.

Caractéristiques générales. — Comme dans tous les systèmes de télégraphie, il est nécessaire de partager un long circuit en plusieurs sections et pour cela de le munir de relais translateurs de place en place ; on évite aussi l'emploi de potentiels trop élevés et l'on diminue la distorsion des signaux. Pour transmettre les signaux d'une section de ligne sur la section voisine, on se sert, sur les circuits en câble, d'un dispositif très simple appelé *translation intermédiaire* (throughrepeater). A l'extrémité du circuit, on utilise une translation terminale (terminal repeater).

Le système duplex à relais polarisés fonctionne avec une tension de 34 volts ; dans le cas de la commutation double, une seule batterie de 34 volts suffit ; il en faut deux dans le cas de la commutation simple. Lorsqu'un même bureau utilise deux batteries, on peut prendre pour la commutation double une des batteries servant pour la commutation simple ; on retombe ainsi dans la disposition normale, avec un potentiel supplémentaire de 17 volts par rapport à la terre. D'ordinaire, on emploie des batteries-tampons reliées à des redresseurs Tungar qui ne pro-

Digitized by Google

duisent pas de bruits parasites sur les circuits téléphoniques.

Le courant télégraphique, circulant sur le circuit en câble sous l'effet des deux batteries extrêmes agissant en série, a une intensité qui varie entre 3 et 13 milliampères suivant la résistance des circuits. Évidemment le courant est pratiquement nul lorsque les batteries extrêmes sont en opposition.

Les conducteurs des câbles usuels sont en fil de $1^{mm},29$ ou $0^{mm},91$; le système à relais polarisés fonctionne aussi bien sur les uns que sur les autres, ainsi d'ailleurs que sur les circuits combinés, à condition que ceux-ci ne soient pas utilisés pour téléphoner en même temps. Les distances d'espacement maxima des

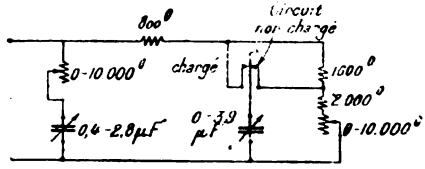


Fig. 6. — Ligne artificielle duplex.

translations sont de 195 kilomètres sur les circuits en fil de $0^{mm},91$ et de 260 kilomètres sur les circuits en fil de $1^{mm},29$, lorsque les uns ou les autres servent à la fois à la téléphonie et à la télégraphie. Dans le cas de circuits exclusivement télégraphiques, ces distances sont respectivement de 225 et de 305 kilomètres. En moyenne, il y a une translation tous les 160 kilomètres, en raison des exigences du service téléphonique quant à l'emplacement des stations de relais téléphoniques. Parfois, les transmissions télégraphiques se font sur des circuits non chargés, notamment lorsque les conducteurs étaient déjà en service avant qu'on eût muni de bobines d'inductance tous les fils du câble. Pratiquement, les résultats sont les mêmes sur les circuits non chargés et chargés.

Pour réaliser l'équilibre des impédances (équilibre indispensable au bon fonctionnement du système duplex à relais polarisés), on a recours à des lignes artificielles de deux modèles différents : soit une ligne très souple, comportant des capacités et résistances variables, et permettant d'équilibrer n'importe quel

Digitized by Google

type de circuit de câble en fil de petit diamètre, soit une ligne moins souple, dont seules les résistances sont variables, et qui est construite spécialement pour équilibrer parfaitement les circuits en fil de $0^{mm},91$ pour un certain mode de charge de ces circuits. La ligne artificielle plus souple est représentée schématiquement sur la figure 6 et l'autre sur la figure 7. La première assure une reproduction satisfaisante d'un circuit quelconque exploité en *duplex intégral*, à condition que ce circuit ne comporte chemin faisant aucun dispositif d'appropriation ; elle assure une reproduction suffisamment précise d'un circuit exploité en *semi-duplex*, même s'il comporte des dispositifs d'appropriation

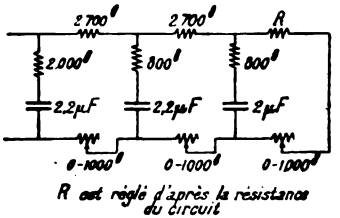


Fig. 7. — Ligne artificielle pour circuit du calibre n° 19, chargé de bobines de $0^{H},174$ tous les 6.000 pieds (1.830 mètres).

intermédiaires. Le second type de ligne artificielle ne peut servir, dans le cas du duplex intégral, que sur le type de circuit pour lequel elle a été construite ; elle peut aussi servir sur un petit nombre de circuits d'un type différent, exploités en semi-duplex. Elle n'offre donc pas la même souplesse que la première, mais elle est beaucoup moins coûteuse et beaucoup plus facile à régler, puisque, pour réaliser l'équilibre, il suffit que l'équilibre des résistances soit assuré en rendant sensiblement égales les trois résistances réglables. La ligne artificielle est formée de sections en H ; sa structure est donc semblable à celle de la ligne réelle ; mais, l'effet des bobines de charge sur l'impédance est représenté par les résistances en dérivation. Puisque les pertes sont négligeables sur les circuits en câble, et puisque les variations de la température n'influent que sur la valeur de la résistance, il suffit, dans le dernier type de ligne artificielle, que les trois résistances en série soient réglables.

Digitized by Google

La figure 8 représente des courbes de la résistance et de la réactance en fonction de la fréquence, pour une section typique

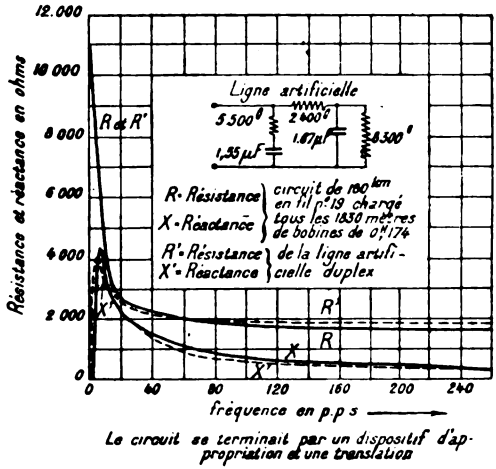


Fig. 8. — Impédance de la ligne réelle et de la ligne artificielle.

de ligne entièrement métallique et pour la ligne artificielle correspondante. On peut remarquer que les composantes de l'impédance ont des valeurs très différentes dans la bande de fréquences 0—30 p.p.s., et qu'elles tendent à devenir constantes lorsque la fréquence s'élève au-dessus de 30 p.p.s.. Évidemment, aux basses fréquences, l'influence des appareils terminaux se fait plus sentir. Les courbes relatives à des lignes non chargées sont semblables aux autres, avec cette différence qu'aux fréquences élevées la résistance est moindre et la réactance plus grande.

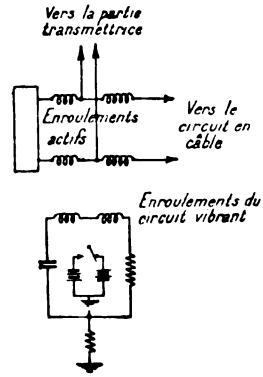


Fig. 9. — Circuit vibrant.

La qualité des signaux télégraphiques reçus est notablement accrue si l'on utilise le *circuit vibrant*, dont l'idée première revient à Gulstad. Ce circuit comprend : un relais récepteur muni de deux enroulements supplémentaires ; un condensateur, et deux résistances (voy. fig. 9). Un courant, circulant dans la

Digitized by Google

branche du circuit vibrant qui contient la résistance, chasse l'armature du relais vers l'autre contact au moment où le courant de travail, en s'inversant, passe par une valeur voisine de zéro. Pendant que l'armature passe d'un contact à l'autre, le condensateur monté sur l'autre branche se décharge à travers les deux enroulements en série, le courant de décharge accélérant le mouvement de l'armature. Dès que l'armature touche l'autre contact, un courant transitoire facilite la décharge du condensateur, puis, changeant le signe de la nouvelle charge, maintient l'armature solidement contre le contact jusqu'à ce que l'intensité du courant de travail soit suffisante pour commander de nouveau le fonctionnement du dispositif. Le circuit vibrant présente donc les avantages suivants : il augmente la sensibilité des relais ; il diminue la durée du temps mis par l'armature pour se déplacer ; il réduit le bruit fait par l'armature lorsqu'elle heurte les contacts ; il rend plus sûr le fonctionnement du relais. De plus, les constantes du circuit vibrant sont choisies de manière à rendre minimum la distorsion des signaux, car le relais fonctionne au moment de la partie la plus raide de l'onde de courant reçu.

Les relais télégraphiques utilisés à la réception et à la transmission sont respectivement du modèle 209-F et 215-A ; ils ont été décrits ailleurs. Le premier modèle est un relais polarisé très sensible, muni d'enroulements vibrants ; le second modèle est semblable mécaniquement au premier, mais il est moins sensible et ne comprend pas d'enroulements vibrants. Le relais du modèle 215-A fait aussi partie des dispositifs utilisés pour faciliter la « rupture » du circuit. Dans les cas où une translation télégraphique terminale sert à connecter une ligne avec retour par le sol à une ligne entièrement métallique, on utilise des relais 215-A comme relais récepteurs sur la section de ligne avec retour par la terre.

La translation télégraphique intermédiaire est du type direct (direct point repeater) ; les armatures des relais polarisés sensibles actionnés par le courant venant d'un côté de la ligne répètent les signaux (différentiellement, à travers les enroulements des relais d'arrivée de l'autre partie) et les retransmettent

Digitized by Google

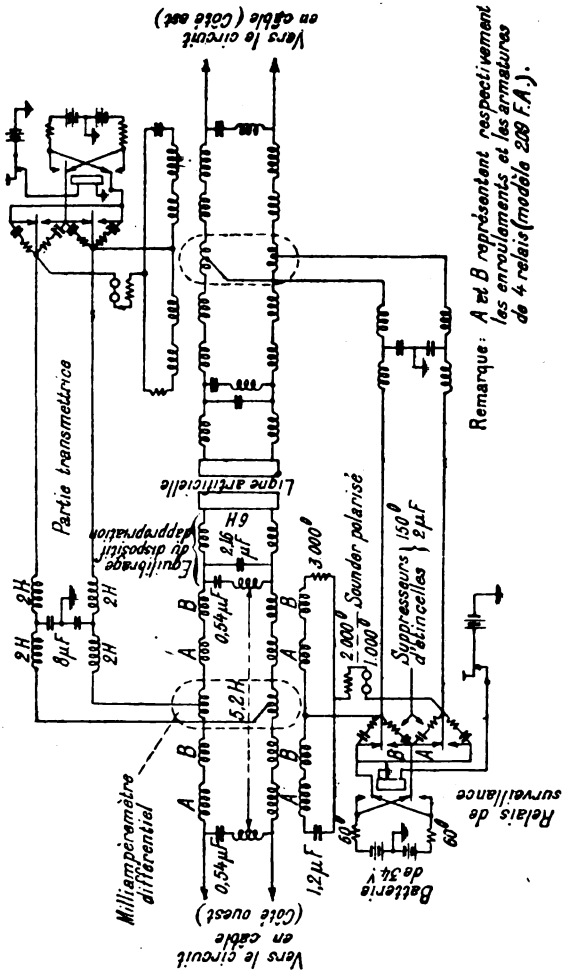


Fig. 10. — Translation télégraphique intermédiaire.

Digitized by Google

sur l'autre côté de la ligne. La figure 10 représente le schéma simplifié d'une translation intermédiaire ; le montage se rapporte ici à une translation télégraphique pour exploitation en duplex intégral ; mais, sans rien changer, on peut s'en servir pour le semi-duplex. On voit que, pour recevoir les signaux, on utilise deux parleurs polarisés ; un manipulateur commande le fonctionnement de relais neutres locaux (relais de surveillance : monitoring relays), ce qui permet de transmettre sur chaque ligne sans gêner l'autre, ou encore dans les deux sens en même temps.

La translation terminale est aussi du type direct ; elle sert à retransmettre les signaux entre une section de ligne en câble entièrement métallique, d'une part, et un circuit avec retour par la terre ou un circuit local, d'autre part. Il existe en outre des parleurs polarisés et d'autres dispositifs de surveillance semblables à ceux qui existent dans le type de translation intermédiaire. L'agencement des circuits locaux est décrit en détail ci-dessous.

Circuits locaux. — Pour éviter le montage de batteries en des points éloignés et pour faciliter la constitution des circuits et le remplacement de l'un par l'autre s'il en est besoin, on emploie des circuits bifilaires entre la station de relais et chacun des bureaux télégraphiques lorsqu'il en existe plusieurs dans la même localité (bureaux principaux et satellites). Le courant de travail, circulant lorsque le circuit est fermé, est de l'ordre de 60 milliampères ; il ne circule aucun courant entre deux signaux successifs.

Dans le cas du duplex intégral, le montage est simple ; on utilise un circuit d'arrivée et un circuit de départ (voy. fig. 11). Dans le circuit d'arrivée, les batteries sont en série lorsque l'armature du relais est sur la position de travail et en opposition lorsque l'armature est sur la position de repos (« blancs » ou intervalles entre signaux). Donc les signaux peuvent être reçus au moyen d'un récepteur Morse ordinaire ou au moyen d'un parleur du modèle usité en télégraphie ordinaire. Le circuit de départ

Digitized by Google

est normalement ouvert ; il est fermé lorsque l'opérateur manipule. Les relais de départ sont du type polarisé ; on peut les considérer comme ayant un circuit magnétisant (biasing circuit), qui comprend la batterie reliée au point milieu (apex), les enroulements inférieurs, et la ligne artificielle. Lorsque le manipulateur est abaissé, l'effet du courant magnétisant est détruit par le courant de travail, qui est deux fois plus intense. Lorsque le

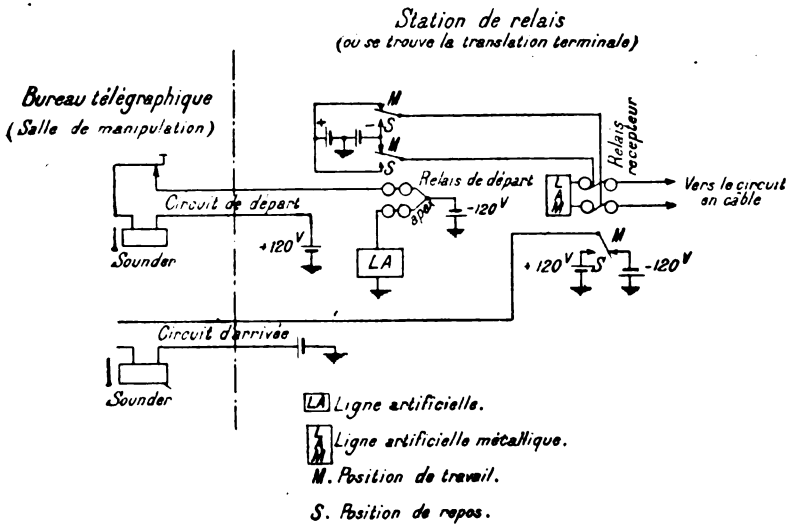


Fig. 11. — Translation terminale avec circuits locaux pour duplex intégral.

manipulateur est relevé, le courant magnétisant fait passer les armatures des relais de la position de travail à la position de repos, ce qui présente une analogie avec le rappel de l'armature d'une sonnerie biaisée (*biased* bell).

Dans le cas du semi-duplex, on utilise un seul circuit pour transmettre et pour recevoir (fig. 12). Les signaux se transmettent exactement comme dans le cas du duplex intégral et n'agissent pas sur le relais de la ligne métallique, en raison du montage duplex équilibré. Les relais transmetteurs, quoiqu'ils fassent partie du circuit local, ne sont pas actionnés par les signaux reçus, parce qu'ils sont à montage différentiel pour le courant qui arrive par l'armature du relais. En réalité, c'est un montage en duplex qui permet de relier directement le côté mis

Digitized by Google

à la terre de la translation terminale à un long circuit muni à l'extrémité éloignée d'une installation duplex à relais polarisé avec retour par le sol du type normal. Dans ce but, on a recours à une ligne artificielle convenablement choisie.

Pour que l'opérateur qui reçoit puisse interrompre son correspondant qui transmet, on a aussi prévu un *relais interrupteur*, qui fonctionne en même temps que les relais transmetteurs. Pour comprendre son rôle, supposons que le manipulateur soit

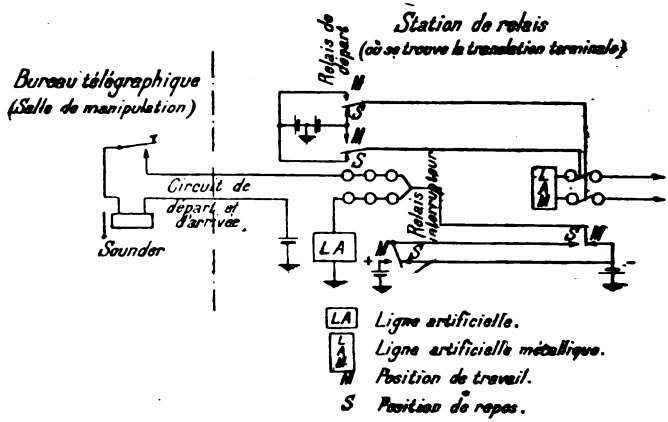
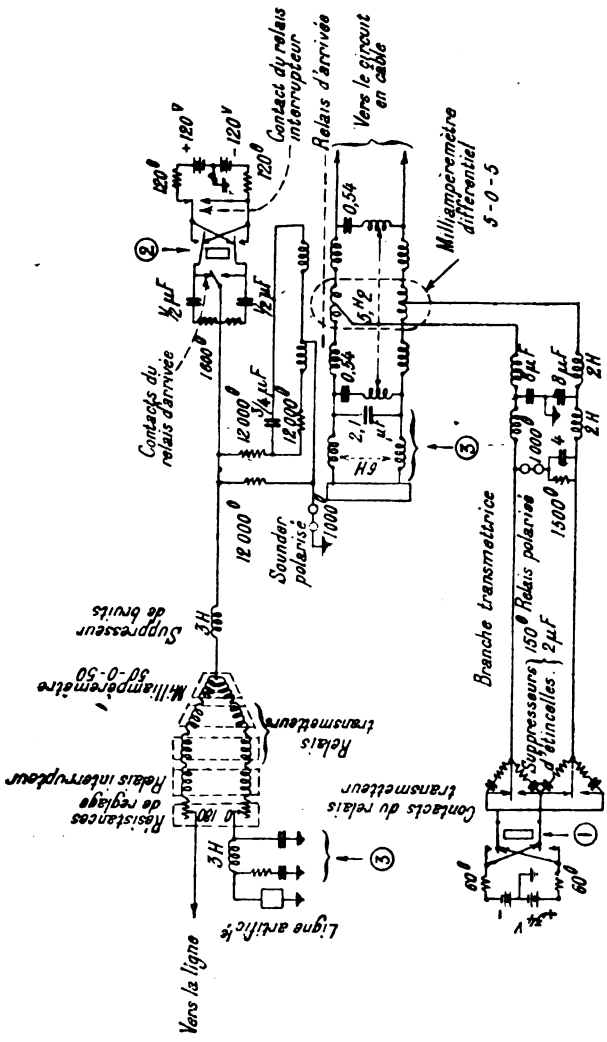


Fig. 12. — Translation terminale avec circuits locaux pour semi-duplex.

relevé ; dès qu'un signal télégraphique arrive, l'armature du relais transmetteur prend la position de repos sous l'effet du courant qui parcourt les enroulements magnétisants, étant donné qu'il ne circule plus aucun courant sur le circuit local. En même temps, le relais interrupteur relie la batterie de travail au contact de repos du relais récepteur, de sorte que les relais transmetteurs ne sont pas actionnés, quelles que soient les impulsions des signaux transmis ultérieurement sur la ligne. S'il n'existait pas de relais interrupteurs, les signaux d'arrivée exciteraient les relais transmetteurs et se trouveraient renvoyés sur la ligne en sens inverse. Il en résulterait une rupture lente et incertaine après chaque signal.

Lorsqu'on utilise deux translations terminales pour relier un bureau télégraphique intermédiaire à un circuit entièrement métallique, le ou les circuits locaux de branchement sont reliés en

Digitized by Google



① Relais de surveillance commandé par une clé télégraphique; sert à transmettre sur les circuits métalliques.
② Relais de surveillance commandé par une clé télégraphique; sert à transmettre sur les lignes à retour par la terre.
③ Équilibrage du dispositif d'appropriation que l'on met hors circuit si l'on travaille dans la forme habituelle (sans appropriation).

Fig. 13. — Translation terminale.

Digitized by Google

tandem entre les deux translations. Dans le cas du duplex intégral, le côté « transmission » d'une translation est relié au côté « réception » de l'autre, et vice-versa, au moyen d'un circuit local pour chacune des connexions. Dans le cas du semi-duplex, les deux circuits locaux sont reliés l'un à l'autre ; de plus, à l'une des translations, les batteries alimentant les contacts du relais récepteur sont inversées et les connexions avec les enroulements (de ligne et magnétisant) des relais transmetteur et interrupteur sont interverties.

Grâce à cette disposition des circuits locaux, on peut utiliser les translations pour circuits télégraphiques métalliques concuremment avec les translations utilisées en télégraphie par courants porteurs et avec les translations à relais polarisés avec retour par la terre usuelles. Cela a été possible, parce que les circuits locaux ont été établis de manière à bien fonctionner pour des courants de travail de l'ordre de 60 milliampères et des courants de repos nuls. En résumé, la souplesse nécessaire pour permettre la constitution de longs circuits avec circuits locaux n'est nullement compromise par l'emploi simultané des différents systèmes.

La figure 13 représente schématiquement les caractéristiques essentielles de la translation télégraphique terminale.

Pour faciliter les mesures et les mutations de circuits, le circuit local est relié à la translation télégraphique à travers une série de jacks de tableau commutateur pour morses (morse boards) constituant la terminaison de la ligne desservie au morse ; cette terminaison comprend un certain nombre de conjoncteurs permettant de raccorder entre elles diverses lignes de branchement, de vérifier les batteries, et de procéder aux mesures en cas de dérangement sur le circuit.

Télégraphie et téléphonie simultanées. — La méthode bien connue de l'appropriation des circuits permet de les utiliser simultanément pour la télégraphie et pour la téléphonie. Cette méthode est basée sur la séparation des fréquences : on utilise pour la télégraphie une bande de fréquences située au-dessous de

Digitized by Google

la bande des fréquences téléphoniques. Pour obtenir de bons résultats, les organes télégraphiques et téléphoniques, y compris les appareils de signalisation ainsi que les dispositifs d'appropriation, doivent être construits de telle façon qu'ils s'adaptent parfaitement aux circuits proprement dits ; on évite ainsi des phénomènes d'interférence entre le télégraphe et le téléphone. De plus, les dispositifs d'appropriation doivent gêner le moins possible la transmission lorsque les trois systèmes (télégraphe, téléphone, et signalisation) fonctionnent séparément ; enfin ils ne doivent pas détruire la symétrie des circuits, dont dépend la protection contre les troubles inductifs provenant de causes extérieures.

Les effets d'induction entre liaisons télégraphiques et téléphoniques se manifestent de deux manières. La première est une sorte de roulement sourd perçu dans les récepteurs téléphoniques, et provenant de ce qu'une faible partie du courant télégraphique passe dans la partie téléphonique du dispositif d'appropriation et circule ensuite dans les appareils téléphoniques ; ce roulement sourd gêne l'audition, et, de plus, peut provoquer des appels téléphoniques intempestifs ; non seulement ce roulement est perceptible à l'extrémité transmettrice du circuit, mais il l'est aussi à l'extrémité réceptrice par l'intermédiaire du circuit vibrant influencé par induction mutuelle entre les enroulements des relais. Lorsqu'on cherche à éliminer le roulement sourd, il faut à la fois se préoccuper des circuits combinants et des combinés. La seconde cause de perturbations est l'effet ondulatoire (« flutter effect ») (1), qui provient de ce que les variations brusques des courants télégraphiques augmentent momentanément la résistance effective des bobines de charge (et, par suite, modifient l'affaiblissement du circuit) aux fréquences téléphoniques.

La partie télégraphique du dispositif d'appropriation (fig. 14) comprend des inductances en série et des capacités en dérivation ; donc, aux fréquences téléphoniques, elle présente une impédance élevée et produit un affaiblissement notable. Elle n'exerce,

(1) Voy. l'article de Martin et Fondiller, publié dans le *Journal A.I.E.E.* (1921, p. 149).

Digitized by Google

par contre, qu'une légère influence sur les fréquences basses nécessaires à une bonne transmission télégraphique ; mais, en même temps, elle affaiblit suffisamment les composantes de haute fréquence des courants télégraphiques pour atténuer le bruit sourd de roulement d'origine télégraphique dont il a été question plus haut. Pour qu'il en soit réellement ainsi sur les circuits fantômes, on fait en sorte que l'inductance mutuelle, entre enroulements de 3 henrys de la bobine retardatrice, soit négligeable ; de plus, on met à la terre le milieu de l'ensemble constitué par les condensateurs C en dérivation sur la branche télégraphique (fig. 14). On a reconnu la nécessité de rendre très stable l'inductance de la bobine retardatrice et, pour cela, d'utiliser une quantité de fer relativement importante ; en effet, si l'inductance variait, il se produirait des harmoniques qui seraient la cause d'un bruit de roulement excessif.

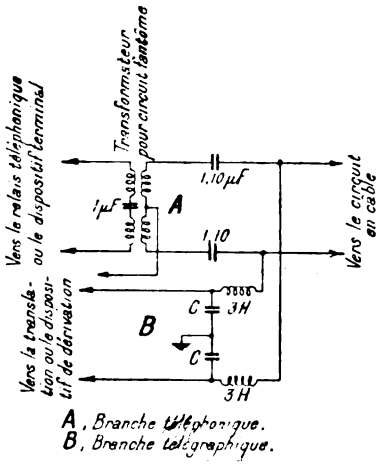


Fig. 14. — Dispositif d'appropriation.

La branche téléphonique du dispositif d'appropriation comprend des condensateurs en série et un transformateur d'inductance faible ; cette partie du dispositif a, pour les courants de travail de fréquences télégraphiques, une impédance élevée et un grand affaiblissement ; mais elle a peu d'influence sur la transmission téléphonique. Elle constitue, pour la branche télégraphique, un auxiliaire au point de vue de la réduction des roulements sourds et sert d'autre part à diminuer les perturbations que se causeraient mutuellement les courants d'appels téléphoniques et les courants télégraphiques. Le transfomateur sert en outre à réaliser le circuit fantôme de la manière habituelle.

Le dispositif d'appropriation suffit pour réduire au minimum admissible les roulements sourds perçus à l'extrémité récep-

Digitized by Google

trice; mais il est nécessaire de prendre des précautions spéciales pour amoindrir ces roulements à l'extrémité transmettrice. Pour que le dispositif spécial auquel on a recours dans ce but ne gêne pas trop la transmission télégraphique, on l'insère sur la ligne de départ là où il peut influer sur les signaux transmis exclusivement. Ce dispositif comprend des inductances en série et des capacités en dérivation, dont le rôle est d'étouffer les composantes de fréquence élevée des impulsions télégraphiques ; on rend assez faible l'inductance mutuelle entre bobines, afin d'être sûr de réduire autant que possible les bruits sourds de roulement sur le circuit fantôme. Dans le cas de translations à commutation simple, il faut recourir à une autre bobine, insérée dans la partie transmettrice, pour empêcher les roulements de devenir gênants sur le circuit fantôme. Cette bobine est branchée de façon que les effets de ses enroulements s'ajoutent pour protéger le circuit fantôme ; par conséquent, elle doit être non-inductive pour les courants de travail circulant sur le circuit télégraphique métallique. Si l'on examine le schéma de l'installation, on voit que, dans le cas de commutation double, le fonctionnement du télégraphe n'applique une tension au circuit fantôme que si les deux armatures ne fonctionnent pas en parfait synchronisme ; dans le cas de la commutation simple, une tension est appliquée au circuit fantôme lors du fonctionnement normal du transmetteur, car le courant télégraphique, n'étant pas équilibré, possède une composante longitudinale importante.

Pour maintenir l'équilibre en duplex lorsqu'on utilise une ligne appropriée, il faut intercaler, sur le circuit de la ligne artificielle, un dispositif d'équilibrage composé d'une self en série et d'un condensateur en dérivation (voy. fig. 10 et 13).

Pour protéger le relais récepteur contre les effets du courant d'appel téléphonique à 135 périodes, il faut monter un shunt résonant sur l'appareil télégraphique aux bornes « ligne réelle » du relais récepteur et un shunt d'équilibrage aux bornes « ligne artificielle ». Un simple transformateur suffit pour jouer ce double rôle : on relie l'un de ses enroulements au côté « ligne

Digitized by Google

réelle » et l'autre enroulement au côté « ligne artificielle ». Le courant d'appel téléphonique à 20 périodes reçu à l'extrémité du circuit téléphonique et la manœuvre du crochet commutateur du récepteur téléphonique donnent naissance à des courants transitoires qui tendent à gêner la transmission télégraphique. Pour remédier à cet effet nuisible, on intercale un condensateur entre les enroulements du transformateur.

Étant donné que, sur les circuits entièrement métalliques, les translations télégraphiques sont espacées de 160 kilomètres

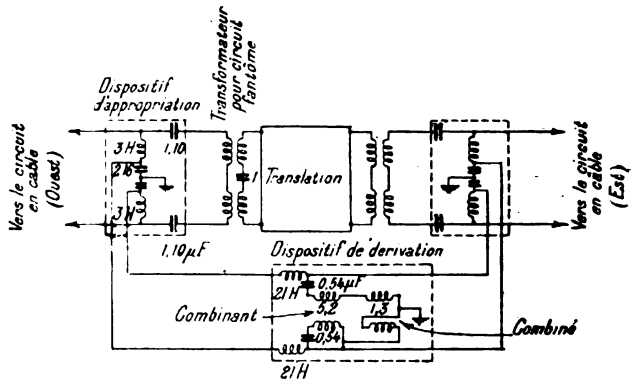


Fig. 15. — Dispositifs intermédiaires d'appropriation.

et les relais téléphoniques de 80 kilomètres sur la plupart des circuits appropriés, il faut prendre des mesures spéciales pour que les courants télégraphiques contournent les relais téléphodiques embrochés sur la ligne. Pour cela, on monte un dispositif d'appropriation *intermédiaire* de chaque côté du relais téléphonique et l'on relie entre elles les branches télégraphiques à travers un dispositif de dérivation (« by pass » set). Le dispositif intermédiaire d'appropriation ressemble beaucoup au dispositif terminal d'appropriation. Le dispositif de dérivation (fig. 15) consiste en une bobine retardatrice, d'inductance propre élevée, avec une inductance mutuelle entre enroulements très faible, associée ou non à un shunt résonant. Le rôle du dispositif de dérivation est d'empêcher que la caractéristique amplification/fréquence du relais téléphonique ne varie sous l'effet des cou-

Digitized by Google

rants engendrés par réaction et l'entrée dudit relais téléphonique à travers les branches télégraphiques des dispositifs d'appropriation. Dans le cas de circuits à 4 fils (sur lesquels les relais téléphoniques procurent une amplification relativement élevée), il est nécessaire de monter un shunt résonant dont la fréquence de résonance est de l'ordre de 135 p.p.s. à l'une des extrémités du dispositif de dérivation afin d'empêcher la production d'une réaction excessive à la fréquence de 135 p.p.s. et aux fréquences voisines de celle-ci. Le shunt est mis à la terre en son milieu, et comporte deux bobines montées de telle sorte que l'une serve pour le circuit combinant et l'autre pour le circuit fantôme. Dans le cas de circuits téléphoniques à deux fils, on peut se passer du shunt résonant.

Assemblage des divers organes (1). — Les translations terminales sont montées entièrement en usine ; il suffit donc, au moment de les installer, de les placer en rangées, et de relier aux bornes convenables les conducteurs de la ligne, les circuits locaux, et les batteries. Les organes des lignes artificielles sont logés à la partie supérieure des bâtis. Les boutons de commande des condensateurs et des résistances réglables, ainsi que les milliampèremètres et diverses clés, sont montés sur un panneau en matière isolante et mobile autour de charnières. Sur la partie postérieure du panneau, immédiatement derrière les boutons de commande des résistances, se trouvent les groupes de résistances mêmes. Les condensateurs qui font partie de la ligne artificielle sont placés les uns au-dessus des autres dans l'espace situé immédiatement derrière le panneau. L'appareillage correspondant à la ligne artificielle est divisé en deux groupes, de manière que les organes qui équilibrent la paire de conducteurs du câble soient à droite et ceux qui sont associés à la ligne locale ou à la section de ligne avec retour par la terre soient à gauche.

Sous le panneau monté sur charnières, se trouve la tablette de clés ; sur cette tablette, se trouvent également les parleurs

(1) Les figures 16, 17, 18, 19 accompagnant cette partie du texte ne sont pas reproduites ici.

Digitized by Google

et le manipulateur du surveillant télégraphiste (monitoring telegraph key). A la partie postérieure de la tablette et fixé perpendiculairement à celle-ci, il y a un panneau sur lequel sont disposées les clés de commutation qui commandent les connexions avec les batteries et les diverses conditions de fonctionnement de la translation télégraphique. Sous la tablette des clés, sont logés les condensateurs de la branche transmettrice, les suppresseurs d'étincelles, et le circuit vibrant.

A la partie inférieure de la translation télégraphique, se trouve une petite plaque supportant les relais et les diverses résistances associés aux suppresseurs d'étincelles et au circuit vibrant. L'extrémité inférieure de la plaque est montée sur charnières, de sorte qu'on peut la déplacer vers l'avant, ce qui donne accès aux connexions des appareils qui y sont fixés. Au-dessous de la plaque, il y a une réglette de bornes, auxquelles on relie les lignes, les batteries, et les organes de transmission et de réception de l'installation. Plus bas que la réglette de bornes et immédiatement au-dessus du plancher, sont placées les bobines retardatrices associées aux organes de transmission.

Une translation terminale a les dimensions suivantes : hauteur : $1^{m},57$; largeur : 36^{cm} ; profondeur : 12^{cm} ; elle pèse environ 100 kilogrammes. La tablette de clés se trouve à 1 mètre environ au-dessus du plancher. Au sommet du bâti du relais, on a installé une lampe qui, lorsqu'elle s'allume, invite l'opérateur à entrer en ligne.

Une translation intermédiaire, du modèle se posant sur le sol, comporte les mêmes organes du côté est et du côté ouest ; ces organes sont pratiquement les mêmes que ceux de la partie d'une translation terminale correspondant à une section de ligne en câble. Sur la partie droite du panneau, sont les appareils servant à retransmettre les signaux de la section est de la ligne sur la section ouest ; les appareils de la partie gauche assurent la retransmission dans l'autre sens. Une translation intermédiaire pèse environ 105 kilogrammes ; son encombrement est le même que celui d'une translation terminale.

On a construit des translations intermédiaires montées sur

Digitized by Google

étagère lorsque l'expérience eut démontré que l'ancien modèle n'exigeait qu'une surveillance peu fréquente. Aussi a-t-on, dans ce récent modèle, simplifié en supprimant les appareils individuels pour les mesures et la surveillance. Il existe alors une *table de surveillance* (monitoring unit) par groupe de sept translations ; cette table peut être reliée, au moyen de cordons à fiches, à l'une quelconque des translations du groupe. Une translation du type sur étagère se divise en trois parties : le relais proprement dit et la partie utilisée à la transmission ; le dispositif d'appropriation et d'équilibrage ; la ligne artificielle. Chacune de ces parties comprend un panneau en acier avec tous les appareils nécessaires, qui sont montés les uns au-dessus des autres sur deux poutrelles verticales en I formant ce qu'on appelle une « baie ». D'ordinaire, il y a par baie quatre translations, ou encore trois translations et un panneau renfermant les organes de surveillance ; l'ensemble a une hauteur de $2^{m},30$ environ. Ce type de translations est utilisé exclusivement dans le cas de commutation simple ; dans le cas de commutation double, on utilise l'une ou l'autre forme de translations de modèle antérieur se posant sur le sol. Les frais de premier établissement et d'entretien se trouvent considérablement réduits lorsqu'on a recours au montage sur étagères.

Fonctionnement et entretien des installations. — Les translations télégraphiques pour circuits entièrement métalliques n'ont pas besoin d'être étroitement surveillées par le personnel responsable. Dans des conditions normales d'exploitation, un même opérateur peut surveiller 24 translations terminales ou 40 translations intermédiaires. Le rôle de cet opérateur consiste surtout à maintenir un équilibre satisfaisant entre l'impédance des lignes artificielles et l'impédance des lignes réelles. Évidemment, cet équilibre doit être plus rigoureux pour le fonctionnement en duplex intégral que pour le fonctionnement en semi-duplex. L'équilibre des capacités n'est soumis qu'à de légères variations. Les changements constatés dans l'équilibre des résistances proviennent des variations de température ; leur

Digitized by Google

moyenne journalière est de l'ordre de 6 %. On se sert du milliampèremètre différentiel pour déterminer les valeurs des résistances et des capacités qui sont nécessaires pour réaliser l'équilibre.

Les travaux d'entretien sont très peu importants. Pour une installation comprenant 200 translations, les opérations de réglage et d'entretien ne dépassent pas 5 heures de travail par jour ; elles peuvent donc être confiées à un seul opérateur.

Les travaux de réglage des relais varient en importance suivant la nature des circuits auxquels ils sont incorporés. En général, un relais du modèle 209-F-A (faisant partie d'une translation terminale) fonctionne sans se dérégler pendant 2 ou 3 mois ; un relais du même modèle (faisant partie d'une translation intermédiaire) fonctionne normalement pendant 4 ou 6 mois. Les relais du modèle 215-A doivent être réglés toutes les trois semaines environ lorsqu'on les utilise comme relais interrupteurs et tous les 6 mois lorsqu'on les utilise comme inverseurs de pôles.

Les installations étant soigneusement entretenues, on peut réaliser une bonne transmission en semi-duplex sur des circuits métalliques dont la longueur est égale ou supérieure à 3.200 kilomètres. A des distances encore plus grandes, le temps que mettent les signaux pour se propager d'un bout à l'autre de la ligne augmente dans des proportions telles, que le temps exigé pour « ouvrir » le circuit devient appréciable sans toutefois être gênant. Sur les circuits entièrement métalliques exploités en semi-duplex, la transmission est satisfaisante même à la vitesse de 19 « points » par seconde, ce qui correspond à 300 signaux par minute dans le cas d'un appareil imprimeur du type « start-stop ».

Le système duplex à relais polarisés donne entière satisfaction jusqu'à une distance de 1.600 kilomètres (voire même à des distances encore plus grandes), dans le cas d'une exploitation manuelle en duplex intégral. En maintenant un équilibre rigoureux sur les circuits, on peut transmettre à des vitesses atteignant jusqu'à 16 « points » par seconde, ce qui correspond

Digitized by Google

à 260 signaux par minute dans le cas d'appareils imprimeurs du type « start-stop » et à 385 signaux par minute dans le cas d'appareils imprimeurs multiplex.

Il est intéressant de rappeler que les circuits en câble sont plus sûrs, moins sujets à interruptions, que les circuits aériens en fil nu. On possède des renseignements qui montrent que, sur un circuit entièrement métallique en câble, la durée annuelle des interruptions de service n'atteint guère qu'un dixième de celle qui est relative à une ligne aérienne de même longueur avec retour par la terre exploitée d'après le système duplex à relais polarisés.

Exploitation commerciale. — A l'heure actuelle, la compagnie Bell exploite des circuits télégraphiques de ce genre dont la longueur totale atteint 89.000 kilomètres (dont 48.000 kilomètres se rapportent à des circuits téléphoniques appropriés à la télégraphie). Sur les 89.000 kilomètres de circuits, 20 % environ sont exploités en duplex intégral. Les réseaux dont il s'agit renferment, à l'heure présente, 430 translations intermédiaires et 1.050 translations terminales environ.

Digitized by Google

REVUE DES PÉRIODIQUES.

Un condensateur colloïde (*La technique moderne*, 1er août 1926, d'après une note de M. Albert Nodon, présentée par M. Brillouin à l'Académie des Sciences le 25 mai 1926). — Le condensateur colloïde se compose de deux feuillets d'aluminium ou de magnésium, séparés l'un de l'autre par un réseau isolant, tel qu'un canevas en étoffe, dont les vides sont remplis par une pâte épaisse de sesquioxyde de fer colloïdal et de glycérine.

Les feuilles métalliques sont protégées par des enveloppes isolantes en ébonite, en carton paraffiné, etc... En reliant respectivement les deux feuilles métalliques aux pôles d'une source de courant alternatif ayant une force électromotrice de quelques volts, on constate que ce dispositif remplit les mêmes fonctions qu'un condensateur électrostatique de très grande capacité. On obtient des résultats analogues en utilisant divers oxydes métalliques à l'état colloïdal, tels que ceux de nickel, de chrome, de manganèse, etc... En disposant un milliampèremètre dans le circuit de charge, on ne constate le passage d'aucun courant de fuite à travers le condensateur. En reliant les feuilles d'aluminium aux deux pôles d'un courant continu, on constate au contraire le passage d'un courant de fuite appréciable.

L'accouplement en série d'une vingtaine de couples semblables permet de réaliser un condensateur supportant une différence de potentiel alternative de 110 volts sans fuite appréciable. En dépassant une différence de potentiel de 8 à 10 volts par élément, le diélectrique est percé et la décharge traverse le colloïde. Le condensateur reprend ses propriétés primitives dès que le régime de charge est redevenu normal.

Les phénomènes qui se produisent dans le condensateur colloïde sont analogues à ceux des clapets électrolytiques, et l'effet de clapet y est parfait. En effet, l'oxyde fer colloïdal, en présence de l'aluminium, interrompt d'une façon complète le passage du courant pendant un

Digitized by Google

temps très court, tandis que, dans les soupapes électrolytiques, l'effet de clapet est imparfait et varie suivant la nature de l'électrolyte et sa température. Les constantes de ce condensateur ont été mesurées à l'aide d'un galvanomètre balistique relié à un condensateur étalonné d'un microfarad et à un accumulateur donnant une différence de potentiel de 2 volts. On effectuait successivement, à l'aide d'une clé de contacts, la décharge du microfarad, puis celle du condensateur colloïde, dans le galvanomètre. Le quotient des deux lectures donnait la capacité du condensateur.

On constate que, pour de très petites surfaces d'aluminium, on obtient des capacités de l'ordre de 500.000 microfarads par décimètre carré (quelle que soit la distance des plaques d'aluminium) correspondant à un diélectrique dont l'épaisseur est de 10^{-7} centimètres, c'est-à-dire d'ordre moléculaire. La capacité du condensateur colloïde décroît rapidement quand la surface augmente : une surface d'un décimètre carré ne donne plus qu'une capacité comprise entre 100 et 1.000 microfarads.

On constate que la charge de ce condensateur ne se conserve que pendant un temps très court, égal à un dixième de seconde environ. On explique de la sorte la fuite observée par un courant continu, et la parfaite conservation de la charge avec un courant alternatif dont la fréquence est inférieure à un dixième de seconde.

Un condensateur colloïde pesant 100 à 150 grammes a une capacité de plusieurs centaines de microfarads, et la nature spéciale de son diélectrique lui permet de supporter sans inconvénient d'importantes surcharges momentanées, car le « claquage », ou décharge interne, ne le met nullement hors d'usage. D'autre part, sa construction est très simple, car elle ne nécessite aucun outillage spécial.

Les propriétés précédentes permettent de l'utiliser dans diverses applications industrielles nécessitant l'emploi de très grandes capacités, telles que les installations sur courant alternatif, où il permet d'absorber l'énergie du front d'onde et d'en diminuer considérablement la raideur pendant les périodes transitoires de surtensions dans la ligne. L'énergie qui est emmagasinée pendant un instant par la capacité est aussitôt restituée à la ligne, qui l'absorbe par ses résistances ohmiques.

Digitized by Google

Ce condensateur permet également de provoquer l'écoulement instantané, dans la terre, des courants de haute fréquence provenant de phénomènes inductifs fortuits dans la ligne.

Des applications analogues peuvent être faites dans les lignes télégraphiques et téléphoniques. Le condensateur colloïde, composé d'un seul élément, permet d'obtenir des résultats intéressants en radiophonie, où son emploi permet, en particulier, d'atténuer sensiblement les parasites.

Enfin ce condensateur peut remplir un rôle analogue à celui des soupapes électrolytiques, pour garantir les installations industrielles des dangers de surtension de quelque durée.

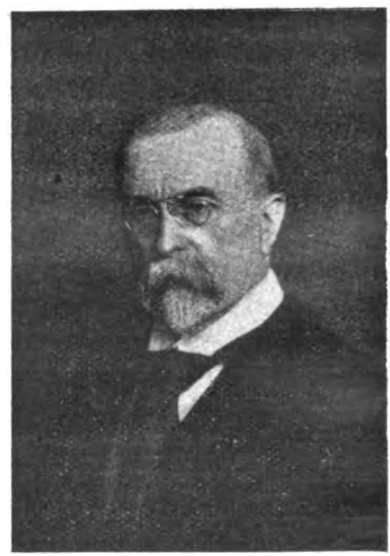
En résumé, le condensateur colloïde permet d'obtenir facilement des capacités considérables sous un encombrement très réduit et d'éviter tout danger de destruction de l'appareil par des décharges internes.

Digitized by Google

INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.

Timbres-poste tchécoslovaques. — Les nouveaux timbres-postes tchécoslovaques à l'effigie du président Masaryk ont été lancés le 7 mars 1925 à l'occasion de la fête du 75e anniversaire de sa naissance.

Les timbres émis furent ceux de 40, 50, 60 hellers et de 1, 2, 3, 5 couronnes tchécoslovaques. L'effigie a été dessinée par Max Svabinský, recteur de l'académie des Arts graphiques de Prague. La gravure sur acier a été faite par le graveur de l' « Union graphique tchèque », société anonyme de Prague, qui a toujours imprimé les timbres-poste tchécoslovaques, à l'exception d'un petit nombre de timbres émis dans des occasions spéciales, et qui ont été commandés à titre d'essai à un autre institut graphique.



Le président Masaryk.

L'exécution de la gravure sur acier a coûté 16.000 couronnes, sans compter la rémunération du dessin original.

Les timbres sont imprimés, pour les valeurs de 40, 50, 60 hellers, en taille douce sur *cuivre* (le papier est préalablement gommé), et, pour les valeurs 1, 2, 3, 5 couronnes, en taille douce sur *acier* (le papier est gommé après l'impression). Le filigrane est une feuille de tilleul.

Les timbres imprimés en taille douce sur cuivre ont été imprimés avec un cylindre en cuivre. Les timbres imprimés en taille douce

Digitized by Google

sur acier sont imprimés maintenant sur une presse rotative américaine au moyen de plaques d'acier gravées et cintrées.

Ces timbres, surtout les timbres gravés sur acier, ont éveillé une attention toute particulière, non seulement en tchécoslovaquie, mais aussi à l'étranger ; et, bien qu'il s'agisse d'un premier essai de cette fabrication difficile, ils ont été très bien accueillis par la critique. Ils ont été exposés en 1925 à l'exposition des Arts décoratifs de Paris, où ils ont aussi attiré l'attention particulière des visiteurs, et l'office tchécoslovaque a même été prié d'y organiser la vente des timbres.

L'établissement qui imprime ces timbres a obtenu un grand prix pour l'exposition de ses produits d'art graphique. La méthode utilise un procédé américain, celui de l'American banknote company.

Le désir du public, et surtout des philatélistes, est de voir choisir un sujet nouveau qui fasse ressortir les beautés naturelles, architectoniques et autres, de la jeune république. Il n'y en a certainement pas de sujets plus efficaces, pour remplir ce but, que le sujet choisi. L'office postal l'a maintenu dans sa première émission courante : les timbres représentant le Hradčin, ont été faits hors concours d'après le projet du maître Mucha ; ils comptaient parmi les meilleurs au dire de nombreux critiques d'art.

Comme on a acquis maintenant l'expérience voulue pour la fabrication de timbres gravés sur acier, l'administration des postes tchécoslovaques va procéder à l'émission de timbres dont les sujets représenteront d'importantes vues de monuments ou de paysages, etc..., destinées à faire connaître les beautés de la Tchécoslovaquie. Les premiers timbres de cette série, émis vers la fin du mois de mai de cette année, représentent une vue du château historique de Karlův Týn (Karlstein).

Règles des signes. — M. Kloss, docteur-ingénieur, professeur supérieur à l'École supérieure technique de Berlin, a fait paraître un important article sur les règles de signe et de sens dans les diagrammes vectoriels des courants alternatifs, le 13 juin 1922, dans le second volume des publications scientifiques du Siemens-Konzern, édité en souvenir du soixante-quinzième anniversaire de la maison Siemens et Halske (1847), par Carl-Dietrich Harries, conseiller intime du gouvernement (Berlin, Verlag von Julius Springer).

Digitized by Google

Nous ne saurions trop recommander la lecture de ce mémoire aux professeurs chargés, à l'administration des Postes et Télégraphes, de l'un quelconque des nombreux cours d'électricité théorique et d'électro-technique organisés pour les diverses catégories du personnel. Et je rappellerai même un souvenir personnel, en disant qu'à l'un des examens du cours de mécanicien, nous avons vu poser des questions relatives au sens du courant, dont on trouve justement la solution rigoureuse dans l'exposé de M. Kloss, et qui n'avaient pas été élucidées sans peine, parce qu'elles exigeaient qu'on eût égard au caractère sinistrorsum ou dextrorsum de l'enroulement sur son noyau, alors que le dessin schématique de l'induit et le diagramme vectoriel laissaient complètement incertain le sens de progression du pas, que M. Kloss appelle « die Gängigkeit ».

Si je me borne à un aperçu des premières considérations, je puis dire que ce qui m'a frappé, c'est la nécessité exposée par l'auteur de donner un signe au nombre de tours, suivant que l'enroulement d'une bobine d'inductance est dextrorsum ou sinistrorsum ; faute de faire cette convention supplémentaire, on arrive à des formules qui manquent de généralité, et, dans les cas compliqués, on s'embarrasse dans d'inextricables difficultés.

Je relèverai dans le mémoire une judicieuse observation relative aux lois de Kirchhoff. Tout le monde, à peu près, écrit la seconde loi, celle qui est relative aux nœuds et qui exprime la loi de continuité, sous la forme :

$$\Sigma i = 0,$$

dans laquelle les intensités sont considérées comme positives ou négatives suivant que le courant s'éloigne du nœud ou se dirige vers lui. C'est la condition de divergence nulle. Parmi les courants i, rien n'empêche d'admettre, avec son signe, le courant injecté dans le réseau.

Cependant, il n'y a pas le même accord quand on écrit la seconde loi, qui s'applique à un contour fermé quelconque. Il est clair, d'après la représentation si intuitive de Maxwell, que la résistance ohmique r engendre une force de viscosité, qui est dirigée en sens inverse de la vitesse et qui, par suite, doit être représentée par : $-ri$. D'après cela, on devra écrire l'équation de Kirchhoff sous la forme :

$$\Sigma e = 0.$$

Digitized by Google

On choisit un sens positif pour le circuit considéré ; il y a des forces électromotrices qui tendront à produire un courant dans le sens adopté : elles seront positives ; d'autres qui tendront à agir en sens contraire : elles seront négatives ; les intensités seront de même positives ou négatives suivant que le courant suit le sens de circulation ou le sens opposé ; quant aux chutes de potentiel dues aux résistances, elles interviendront comme des forces électromotrices e égales à $-ri$. Si l'on veut distinguer les forces électromotrices E actives et les forces électromotrices résistantes dues à la loi d'Ohm, on pourra écrire :

$$\Sigma_i (E - ri) = 0,$$

et par suite, dans un diagramme de forces électromotrices, où tous les vecteurs doivent être portés dans le même sens, bout à bout, et former un polygone qui se ferme, le vecteur représentatif de la force résistante sera le vecteur $-\overrightarrow{ri}$ et non le vecteur $\overrightarrow{ri}$ comme on l'écrit souvent.

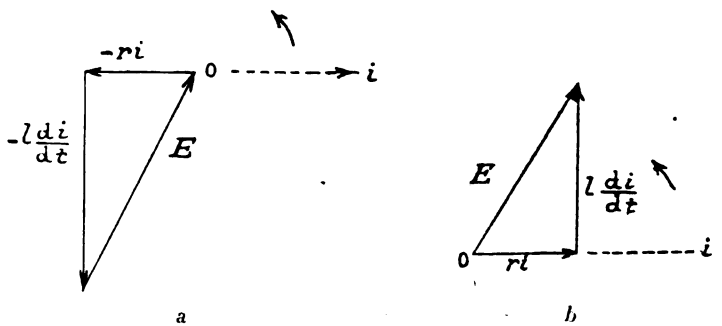
De même, la force contre-électromotrice due à l'inductance est réellement

$$-l\frac{di}{dt},$$

si l est l'inductance ; et dans le diagramme correspondant à un circuit simple comprenant une source E et une bobine de résistance r et d'inductance l, on a à représenter l'équation :

$$E - ri - l\frac{di}{dt} = 0.$$

On obtient donc le diagramme *a* suivant :



a *b*

où l'on a noté le sens positif de rotation des vecteurs. Dans le dia-

Digitized by Google

gramme *b*, qui est fréquent dans la littérature, ri et $l\frac{di}{dt}$ ne représentent pas les forces électromotrices, mais des vecteurs de signe opposé à celui des forces électromotrices véritables et c'est pour cela qu'il y a deux pointes de flèche qui se heurtent, manifestant qu'on a pris des sens incohérents pour les diverses grandeurs.

Examinons sommairement le cas très élémentaire du solénoïde. Un solénoïde théorique est un tube infiniment délié, engendré par un petit contour qui se déplace de façon que son centre de gravité décrit une courbe donnée et que son plan reste toujours dans le plan normal à cette courbe. Le solénoïde électrique est parcouru par un courant électrique superficiel de densité constante, dirigé en chaque point suivant le contour de la section droite. Cela détermine très bien le champ magnétique à son intérieur et la polarité de ses extrémités, une fois qu'on a précisé le sens dans lequel tourne le courant.

Mais une hélice, qui constitue une bobine de self-induction, ne peut être considérée purement et simplement comme un solénoïde. Car, une fois que l'on a déterminé le sens dans lequel le courant tourne autour de l'axe, si on l'assimile à un solénoïde, rien ne nous indique encore si le courant va de la borne A à la borne B ou de la borne B à la borne A, les deux extrémités de la bobine étant fixées aux bornes A et B. Le solénoïde possède une symétrie que l'hélice ne possède pas. Le sens dans lequel l'hélice est traversée par le courant, sens $\overrightarrow{AB}$ ou sens $\overrightarrow{BA}$, dépend de la façon dont les circuits élémentaires du solénoïde sont reliés les uns aux autres pour former une hélice de pas positif ou négatif ; il diffère suivant que l'hélice est dextrorsum ou sinistrorsum.

Par exemple, pour fixer les idées, prenons des axes orientés (ox, vers le sud ; oy, vers l'est ; oz, vers le zénith) ; plaçons l'axe de l'hélice suivant oz ; faisons passer le courant de façon que, en projection sur le plan des xy, il tourne dans le sens qui amène ox sur oy par une rotation de 90° ; alors le champ magnétique produit est dirigé, à l'intérieur de l'hélice, suivant la direction positive de oz ; et, si nous appelons A la borne inférieure et B la borne supérieure, le courant ira de A à B si l'hélice est dextrorsum, et de B à A si elle est sinistrorsum (j'appelle ici dextrorsum l'hélice du tirebouchon ordinaire).

Digitized by Google

D'où cette règle :

Une hélice dextrorsum étant parcourue dans le sens $\frac{\text{positif}}{\text{négatif}}$, de sa borne d'entrée A à sa borne de sortie B, par un certain courant, celui-ci a un sens de circulation autour de l'axe $\frac{\text{positif}}{\text{négatif}}$ et engendre par conséquent à son intérieur un champ de force magnétique $\frac{\text{positif}}{\text{négatif}}$.

Ou encore plus brièvement :

Une hélice dextrorsum engendre un flux magnétique de même sens que celui dans lequel elle est traversée par le courant.

C'est en suivant des principes analogues, qu'en regardant le collecteur d'un induit de dynamo à courant continu, l'on peut, sachant le sens du flux magnétique produit par le courant qui circule dans l'enroulement supposé en tambour, déterminer si le courant va du balais A au balais B à l'intérieur de la machine ou en sens contraire. Cela dépend du sens de l'enroulement, du signe de son pas.

Pour plus de détails nous ne pouvons que renvoyer au mémoire original.

Heures libres. — Les *Annales des P.T.T.* ont rendu compte de l'activité de leurs collègues d'Amérique pendant leurs heures de liberté ; ce sont des sports, des représentations théâtrales, des défilés, des banquets, etc..., et nous avions montré une admiration très sincère pour toutes ces manifestations d'énergie et de gaieté, si propres à maintenir la bonne humeur et à rendre plus supportable la discipline nécessaire aux grandes entreprises. Il ne faudrait pas croire cependant que les Français ne savent pas, à l'occasion, créer des groupements et des associations permettant de favoriser des goûts individuels qui forment une utile diversion aux préoccupations administratives.

Je citerai en particulier la *Société artistique des Postes, Télégraphes et Téléphones*, la société littéraire qui porte le nom humoristique de *la Boîte aux lettres*, la *Société symphonique des P.T.T.*, et je passe sous silence les associations sportives et les grandes sociétés de solidarité, de mutualité, de bienfaisance, ainsi que les Orphelinats

Digitized by Google

et les Unions de caractère religieux, confessionnel ou philosophique et philanthropique. Il y aurait, à coup sûr, une étude intéressante à faire sur ces divers groupements, sans compter les Amicales et les Syndicats, et les Coopératives.

Je me bornerai à quelques indications sur les groupements qui n'ont d'autre but que le culte des lettres ou des beaux-arts et sur quelques personnalités isolées.

La Boîte aux lettres, qui a été fondée le 15 décembre 1904, est une société littéraire. Les présidents qu'elle a eus successivement portent des noms bien connus, aimés du public et plus chers encore à nous autres ; ce sont : Albert Cim, Édouard Estaunié, Charles Saunier. Les livres de Cimokowski (dit Cim) et de M. Estaunié sont entre toutes les mains ; les amis des arts ont lu le livre de M. Ch. Saunier sur Barye et l'ouvrage qu'il a fait sur la décoration du livre.

Est-il utile de rappeler que deux anciens P.T.T., M. Ed. Estaunié et M. Georges Lecomte, sont membres de l'Académie française? Les *Annales* l'ont déjà dit à l'époque de leur élection.

D'autres adhérents de *la Boîte aux lettres* sont aussi bien connus dans le monde littéraire. Mais il faut tout d'abord que nous demandions l'indulgence pour les omissions que nous commettrons, et qui sont fatales dans toute énumération que l'on fait de mémoire.

Jean Dayros (P. Colombié) est un fin humoriste, chroniqueur à l'*Estaffette*, puis au *Matin*.

J.-F. Cazals nous a ravi par ses chansons et égayé par ses charges de Paul Verlaine, auprès de qui il vécut : lisez *la Plume*.

Mme Marthe Dupuy, de la Caisse d'épargne, a publié un volume à l'*Intransigeant* ; c'est une lauréate du prix Sully-Prudhomme.

Qui de nous ne connaît Ch.-A. Janot, fabuliste? Il a réuni ses fables en un volume et il a aussi fait un peu de théâtre.

Deux P.T.T. ont quitté l'administration pour occuper dans le journalisme une place brillante : Henry Lapauze, aujourd'hui décédé, que nous avons vu receveur au bureau 44, ancien collaborateur du *Gaulois*, directeur de la Renaissance, conservateur du Petit Palais ; Raymond de Nys (R. Bourgeac), qui était bien connu à l'Hôtel Continental, au bureau télégraphique, chef de rubrique au *Petit Parisien*, ancien secrétaire de la rédaction de *Paris-Midi*.

Digitized by Google

M. Pierre Halary est un poète estimé.

Ceux qui aiment les dialogues philosophiques liront ceux d'André Gybal (Bougy), qui est maintenant collaborateur régulier du *Quotidien*.

Un fonctionnaire, qui touche de près la rédaction de nos *Annales*, s'est consacré aux recherches d'érudition : dans le domaine de l'histoire littéraire (époque de Louis XIII), il a publié des livres et des articles dont la documentation, entièrement inédite, est le fruit de longues recherches dans les archives anciennes ; dans le domaine de l'histoire musicale (xvie et xviie siècles), ses articles de la *Revue de musicologie* et ses éditions d'œuvres du xvie siècle ont fait de lui un musicologue d'une réputation européenne ; il est d'ailleurs membre du conseil d'administration de la Société française de musicologie.

La *Société symphonique des P.T.T.* prête si souvent son concours aux réunions de bienfaisance ou aux assemblés corporatives, que nul n'est plus populaire que son chef d'orchestre, M. Dureau. C'est en 1902 qu'elle a été fondée, grâce à l'initiative de M. Bernadou, chef de bureau, qui avait suivi les cours de composition du Conservatoire national de musique. Soixante exécutants forment un orchestre capable d'interpréter correctement, et souvent avec bonheur, Beethoven, Haydn, Gluck, Brahms, Grieg, Berlioz. Plusieurs font figure de professionnels : Rebutet, corniste à l'Opéra ; Combe, choriste sur cette même scène. La Société symphonique donne une dizaine de concerts chaque année, en province ou à Paris.

Le poste de radiodiffusion de l'École supérieure des P.T.T. doit de vifs remerciements à M. Tremblay et à Mlle Tremblay, premier prix de piano du conservatoire de Paris.

D'autres enfants de nos collègues sont des artistes accomplis : Mlle Joviaux est premier prix de violon du conservatoire de Paris ; Mlle Dureau est lauréate ; enfin le grand prix de Rome de musique de cette année, René Guillou, est fils d'une dame employée du poste central télégraphique de Paris.

La musique ne tient peut-être pas encore la place qu'elle mérite dans l'enseignement et dans la vie. Souhaitons que la transmission des radioconcerts éveille de plus en plus l'instinct musical qui sommeille dans les populations françaises. Est-ce que les chansons du pays d'ori-

Digitized by Google

gine ne sont pas l'évocation la plus pure et la plus intime des doux souvenirs de la terre natale? S'il y a dans la nature plus de choses que dans tous les mots de la philosophie, il y a, dans le sentiment, des nuances qui échappent à la langue parlée et que la pensée musicale est seule capable d'évoquer.

Raoul Serres, fils du deuxième président de la Société, est premier grand prix de Rome pour la gravure. André Couder, peintre, a eu une mention honorable aux Artistes français. Mme Louise Pauvert, née Cochet, a été récompensée aux Artistes français ; elle a reçu la médaille d'or de la Royal Academy de Londres. Roubichon a eu une deuxième médaille d'argent au Salon des Tuileries. Il a un atelier et forme des élèves.

Hautot et Cheval ont quitté l'administration pour se consacrer exclusivement à l'art : Hautot, dessinateur, fait de l'illustration ; Cheval se spécialise dans les dessins animés pour cinéma.

Le jeune céramiste G. Demoulin est fils du distingué chef de l'atelier des timbres-poste. Mlle Doumayrou, dont le père dirigea le poste central télégraphique de Paris, est professeur de dessin des écoles de la ville de Paris.

Nous ne dévoilerons pas le pseudonyme sous lequel plusieurs de nos collègues se sont fait une légitime réputation : le public les prendrait pour des amateurs et craindrait d'avoir mal placé son admiration ; il est bien regrettable que l'on soit souvent obligé de cacher ainsi soigneusement l'emploi administratif qui assure la vie matérielle. Spinoza était bien lunettier !

Vérecque a obtenu, en 1925, une prime de l'office postal tunisien, pour un projet de timbre-poste, retenu au concours.

En 1907, la *Société artistique* a consacré une exposition rétrospective à Jules Baric, sous-chef de la recette principale de la Seine. Qui ne se rappelle sa verve humoristique, ses dessins ou caricatures de paysans ? Cet artiste si spirituel s'était présenté à l'École Polytechnique et avait subi avec succès l'épreuve éliminatoire de l'admissibilité. La Société a pris part à la souscription organisée pour lui ériger un buste à Tours.

N'oublions pas enfin de rendre hommage à Reculon-Dupont, qui a été l'âme de la Société artistique.

Digitized by Google

Peut-être est-il équitable d'adresser un mot d'éloge à ceux de nos camarades qui sont collectionneurs.

Hémery, de la Vérification du matériel, partage le goût de M. Barthou : c'est un bibliophile passionné et averti.

Il y a, dans la rue du Cherche-Midi, quelques beaux hôtels anciens ; l'un deux contient un petit appartement où Bertrand, de la rue Bertrand. a installé, parmi de vieux meubles, dans un décor plein de goût, une importante collection de céramiques.

Nous conservons l'amical souvenir de Fischesser, aujourd'hui retraité : cet ingénieux luthier réparait des instruments à cordes ; à l'occasion même, il en construisait qui possédaient les plus belles qualités de sonorité et se recommandaient par la plus artiste présentation.

Le Français, dit frivole, est vraiment bien laborieux. Et certes, l'administration des Postes et Télégraphes ne donne pas à ses agents des sinécures. Le trafic postal est un rocher de Sisyphe qu'il faut sans cesse remonter au sommet de la montagne. Et c'est merveille de voir qu'après le dur labeur professionnel, tant de postiers et de télégraphistes, quand ils ne sont pas entièrement absorbés par le souci de la préparation des examens, trouvent encore un peu de temps pour le consacrer aux Muses. J.-B. Pomey.

Albert Cim. — Albert Cim est décédé le 8 mai 1924. Cependant, il n'est peut-être pas trop tard pour rappeler sa double carrière de fonctionnaire et d'homme de lettres. Car il est l'un des types les plus représentatifs de cette catégorie d'agents qui, dans les Postes et Télégraphes, surent faire de leur vie deux parts : celle-ci consacrée au devoir administratif, celle-là réservée à la satisfaction de curiosités scientifiques, littéraires ou artistiques. S'agit-il de sciences, l'administration profita bien souvent de leurs recherches désintéressées ; de lettres ou d'art, la notoriété acquise ne fut pas sans agir favorablement sur l'opinion du dehors.

Nombre de fonctionnaires encore en service se souviennent de cet homme de belle prestance, de tenue soignée, dont l'accueil était affable et érudite la conversation servie par une parole aisée. Le pseudonyme d'Albert Cim qui se lit sur nombre de romans et de recueils de

Digitized by Google

nouvelles, et qui demeurera comme signature de volumes de bibliographie aux connaissances durables, cachait un patronyme d'origine polonaise : Albert Cimochowsky.

Fils d'un officier polonais réfugié en France, et qui avait contracté mariage avec la fille d'un médecin de Bar-le-Duc, Albert Cimochowsky naquit dans cette ville le 22 octobre 1845. Ses études furent commencées dans une institution privée, continuées à Paris, pendant deux années, à l'École polonaise, dont la dure discipline serait aujourd'hui un anachronisme, et terminées au lycée de Bar-le-Duc, où le jeune homme demeura jusqu'en troisième. Il entra tout d'abord chez un libraire, puis il appartint un moment au service des Ponts et Chaussées.

Enfin, en 1864, il passait le concours d'admission au surnumérariat de l'administration des Lignes télégraphiques, dont l'un de ses parents éloignés, Pierret, alors inspecteur général, devait devenir, après 1871, directeur général. Nommé surnuméraire le 1er décembre 1864, Albert Cimochowsky était titularisé employé, le 12 mars 1866. Après un passage à Reims et à Compiègne, il revenait à Paris en août 1866, et il était affecté successivement aux bureaux télégraphiques de la rue Sainte-Cécile, des halles, de la place du Havre, et du boulevard Malesherbes. En 1878, il était détaché comme commis au service du laboratoire, et nommé le 14 mars 1879 au secrétariat de l'École supérieure, poste qu'il quittait le 17 août 1896, pour la Bibliothèque centrale, dont il devait demeurer bibliothécaire jusqu'à la fin de l'année 1908, date de sa mise à la retraite.

Lorsqu'il prit la direction de ce dernier service, créé par arrêté du 15 avril 1878, et dirigé tout d'abord par M. Jacquez dont un Atlas du télégraphe aérien, un petit dictionnaire technique, et une notice consacrée à Claude Chappe conservent le nom, la bibliothèque était encombrée de séries surannées, trop rapidement choisies, et, par suite, d'une utilité douteuse. Cimochowsky devait, tout en continuant à l'enrichir méthodiquement de publications techniques et scientifiques récentes, la doter d'ouvrages littéraires et artistiques bien propres à développer la culture générale d'un personnel auquel les cours de l'École supérieure ouvraient des horizons nouveaux. Ainsi remplissait-il très heureusement la mission qui lui avait été confiée.

Digitized by Google

Mais elle ne l'accaparait pas entièrement. Au dehors, Cimochowsky menait parallèlement une carrière fort bien remplie d'homme de lettres. Ses débuts remontaient aux dernières années du second empire. Adoptant comme pseudonyme les trois premières lettres de son nom, il collaborait dès 1866 à *la Presse musicale et théâtrale*; puis il passait à *la Cloche*, où il commença par rédiger, sous le pseudonyme de Jean Collier, une tribune administrative dont les articles étaient fort goûtés de ses collègues et même de son supérieur direct, le chef de station du bureau des halles, qui ne se doutait guère que Jean Collier n'était autre que l'un de ses employés.

Le pseudonyme d'Albert Cim se lisait encore dans d'autres feuilles, principalement des journaux de l'opposition, car le jeune écrivain était, dès lors, tout acquis à la république. Après le 4 septembre, ses collaborations devinrent moins discrètes. Sa signature parut, notamment, dans les colonnes du *National*, de *La Convention Nationale* et de *La Vérité*, dont Henry Maret, avec lequel il se lia intimement, était un des principaux chroniqueurs. Aussi, lorsqu'en 1881 celui-ci eut fondé *Le Radical*, confia-t-il à Albert Cim le feuilleton de la critique littéraire. Il le tint jusqu'en 1894, donnant des études consciencieuses sur la production contemporaine, avec un penchant marqué pour les écrivains dont la sincérité d'affabulation répondait à son propre idéal. C'est aussi son nom que l'on trouvait, de 1885 à 1887, au bas de la revue littéraire du *National*.

Malgré le temps pris par la préparation et la rédaction d'un feuilleton hebdomadaire, besogne délicate pour qui veut tenir honnêtement la rubrique, Albert Cim trouvait encore le loisir d'écrire des romans et des nouvelles, grâce, il est vrai, à une existence très réglée et à des habitudes matinales permettant un travail lucide à l'heure où l'esprit est le plus complètement reposé de l'effort de la veille. Son inspiration était alimentée, parfois, par la vie administrative, plus souvent par ses souvenirs d'enfance et de jeunesse, embellis par son amour de sa province natale, à laquelle il demeura toute sa vie très attaché. Ainsi a-t-il publié plus de vingt volumes de romans et de nouvelles, auxquels s'ajoute une série d'ouvrages pour la jeunesse : art difficile, où il connut des réussites heureuses.

L'amour des livres devait le mener à écrire sur eux, pour les

Digitized by Google

bibliophiles. Et, dans cette partie, il présente un ensemble de travaux très solides, appelés à perpétuer honorablement son nom. Après avoir donné *Une Bibliothèque* (1902, couronné par l'Académie française), il publiait *Le Livre*, également couronné par l'Académie française, résumé en cinq volumes des connaissances nécessaires au professionnel et à l'amateur, et divisé en historique, fabrication du livre, aménagement d'une bibliothèque, catalogue, classification et entretien. Ainsi qu' *Une Bibliothèque*, l'ouvrage fut vite épuisé. Pour faire prendre patience à ceux qui ne purent jusqu'à leur réimpression se procurer les cinq tomes du *Livre*, Albert Cim donna sur la même question un précis, condensé en un seul volume : *Petit manuel de l'amateur de livres*, qui a eu plusieurs éditions. Il groupait, autour de ces deux importants ouvrages, d'autres travaux touchant encore à la bibliophilie : *Mystifications littéraires et théâtrales* (1903), *Amateurs et voleurs de livres* (1903), *Les Femmes et les livres* (1920), *Récréations littéraires et historiques* suivies de *Nouvelles récréations* (1921), *Le Travail intellectuel* (1924). Une partie du contenu de ces volumes avait paru dans *La Revue mondiale*, à laquelle il réserva une collaboration suivie, et que la mort n'a pas arrêtée, puisque tout récemment *La Revue* publiait, sous la signature d'Albert Cim, une étude sur Champfleury.

Albert Cim, qui a donné aux anciennes *Annales* une biographie d'Humblot, est aussi l'auteur de deux volumes de souvenirs : *Le Dîner des gens de lettres* (1903), *Bureaux et bureaucrates* (1909), celui-ci consacré spécialement à des personnages, grands ou petits, rencontrés durant sa carrière dans les bureaux et les couloirs de l'administration des Postes et Télégraphes. C'est, pour les plus âgés des fonctionnaires et agents encore en service, l'évocation de figures naguère connues, présentées sous des pseudonymes souvent transparents. Figures sympathiques, parfois moins avenantes, en qui se résument toutes les manies, les petits travers des bureaucrates, à quelque rang qu'ils appartiennent, défauts rachetés à l'occasion par un beau geste, l'affirmation libératrice d'une conviction sincère. On prend un vif plaisir à lire, dans ce livre, le récit de la rencontre de certain jeune employé et du chef de bureau Thibaudet, qui, portant, au vrai, un nom polonais en « ski », faisait inlassablement siffler ces trois lettres

Digitized by Google

devant son interlocuteur ahuri. L'anecdote n'est pas indigne de la farce de *Maître Pathelin*. De même Peluchet, charmeur d'oiseaux qu'il ne faut pas confondre avec la sympathique figure du commis principal Henri Pol, le populaire ami des oiseaux du jardin des Tuileries, semble appartenir à la famille de *Bouvard et Pécuchet*.

Appelé à siéger au comité de la Société des gens de lettres, Albert Cim en avait été le vice-président.

Fidèle à sa petite patrie, même après la mort, il a légué à sa ville natale sa bibliothèque, dont les volumes nombreux et soigneusement reliés sont enrichis d'autographes et de notes, et ses papiers qui contiennent notamment, en manuscrit, un *Dictionnaire des citations*, constitué par 40.000 fiches.

Charles SAUNIER.

Léon Thévenin. — Le corps des ingénieurs des Postes et Télégraphes vient de perdre un des hommes qui l'ont le plus grandement honoré, Léon Thévenin, dans sa 70e année.

Entré à l'École polytechnique en 1876, Thévenin fut nommé en 1878 élève-ingénieur des Télégraphes. Il appartint à la seconde promotion de l'École supérieure de télégraphie qui venait d'être créée pour reconstituer le corps des ingénieurs des Télégraphes, dont le recrutement avait été suspendu pendant treize ans, et pour fournir à l'administration des Postes et Télégraphes, réorganisée sur de nouvelles bases par le ministre Cochery, les hommes possédant une haute culture scientifique dont elle avait besoin au moment où les applications de l'électricité commençaient à prendre un développement rapide.

En sortant de l'École d'application, où il s'était fait remarquer par la rectitude de son jugement et par son sens intuitif profond, Thévenin fut d'abord attaché au service des lignes souterraines à grande distance, chargé à cette époque de l'exécution d'un vaste programme, et qui faisait appel à la collaboration de la plupart des jeunes ingénieurs que l'École supérieure de télégraphie venait de former. Mais il n'y resta que peu de temps. L'administration chercha une autre utilisation des qualités brillantes qu'il avait reconnues chez lui. La direction du Matériel et de la Construction avait à faire face à des problèmes techniques

Digitized by Google

de plus en plus importants, soit pour la construction des lignes, soit pour les installations d'appareils spéciaux, soit aussi pour le contrôle de l'établissement des lignes d'énergie et de transport de force qui commençait à se développer. On jugea nécessaire d'avoir, à côté du personnel chargé de la besogne courante des bureaux, un ingénieur qui ne fût pas absorbé par le service administratif et dont on pût mettre à profit les connaissances. On fit appel à Thévenin pour remplir ce rôle. Le directeur en fit son collaborateur intime, et jamais choix ne fut mieux justifié. Le service télégraphique tira le plus grand parti de son intervention, toujours opportune quoique discrète ; et l'industrie, avec laquelle l'administration avait d'importantes questions à discuter, reconnut toujours hautement sa compétence.

Les services qu'il rendit furent appréciés comme ils méritaient de l'être et le firent désigner pour un poste plus spécial, qui convenait à sa valeur professionnelle en même temps qu'à l'esprit d'ordre et de méthode que l'on se plaisait à lui reconnaître.

Depuis que la télégraphie électrique avait supplanté la télégraphie aérienne, la construction des lignes électriques était réglée par des instructions très générales, que chaque chef de service interprétait au gré de son initiative, et chacun s'était tracé des règles particulières, qu'il enseignait à son personnel d'exécution. Le réseau télégraphique disparate qui en résultait pouvait être admis dans les premières années de l'exploitation, alors que les lignes les plus importantes ne portaient que quelques conducteurs. Il ne pouvait en être toujours ainsi. Le développement important de l'exploitattion télégraphique, l'essor que prenait la téléphonie interurbaine exigèrent, pour l'établissement des lignes, une réglementation plus précise. On chercha un fonctionnaire encore jeune et actif qui pût aborder cette tâche et donner au réseau télégraphique français l'uniformité qui lui manquait, en imposant aux services d'exécution des règles de construction qui pussent se prêter à l'augmentation considérable de conducteurs alors envisagée. Nul mieux que Thévenin ne parut désigné pour cela, et, après l'avoir attaché d'abord comme sous-chef au bureau des lignes pour lui permettre d'approfondir la question, on le chargea de la direction de ce bureau, qui allait prendre avec lui une importance de premier ordre.

Digitized by Google

Suivant les directives émanant du Comité technique électrique, aux travaux duquel il avait pris une large part, Thévenin rédigea en 1893 une instruction des plus importantes, dans laquelle toutes les dispositions à adopter pour la construction des lignes télégraphiques aériennes étaient édictées de la façon la plus serrée, avec une netteté et une précision remarquables. Son rôle était loin d'ailleurs de se borner à cette simple codification. Il en surveilla personnellement l'exécution. Pas une ligne n'était construite ou transformée sans qu'il en fût saisi par un projet détaillé. Aucune des dérogations qui étaient proposées aux règles définies par l'instruction n'était admise. Le réseau qu'il arriva ainsi à réaliser en quelques années, en contrariant parfois quelques habitudes acquises, fut jugé remarquable pour l'époque. Depuis, il a été jugé insuffisant : la rapidité avec laquelle le trafic téléphonique s'est développé a rendu nécessaire l'emploi de lignes beaucoup plus denses, et il a fallu adopter à cet effet un matériel nouveau, auquel M. Lorain a attaché son nom. Mais les lignes que Thévenin avait obtenues des services d'exécution, et qui pendant quelques années furent en harmonie avec les besoins du trafic, étaient irréprochables au point de vue de la régularité et de l'homogénéité et pouvaient, dans ces conditions, se prêter sans de grandes difficultés aux transformations reconnues nécessaires par la suite.

En 1896, le poste de directeur de l'École professionnelle supérieure se trouva vacant. On pensa que, pour donner à ceux qui devaient plus tard diriger de grands services, ingénieurs ou fonctionnaires supérieurs de l'exploitation, une préparation qui fût en harmonie avec les postes qu'ils auraient à occuper plus tard, il serait bon de s'adresser à un homme encore jeune et actif qui se fût distingué par l'étendue de ses connaissances et pour sa haute culture. L'attribution de ces fonctions à Thévenin ne fut une surprise pour personne. Pour lui, nous le savons, ce fut une grande joie. Tout en conduisant, avec la compétence et le dévouement auxquels chacun rendait justice, les services qui lui avaient été confiés jusque là, il ne s'était jamais désintéressé des questions scientifiques. Ses goûts et ses études préférées avaient toujours été dirigés du côté de l'enseignement, pour lequel il avait déjà eu l'occasion de montrer les plus grandes aptitudes : à l'École même, il était déjà avantageusement connu à ce point de vue.

Digitized by Google

y ayant, depuis quelques années, professé un cours de mathématiques que l'on citait comme un modèle de précision et de clarté.

Comme directeur, il ne devait pas être moins apprécié. Son jugement droit et son grand esprit de justice lui attiraient les sympathies. Les élèves savaient qu'ils pouvaient toujours trouver en lui un guide précieux et un conseiller bienveillant.

Tout en prodiguant ses soins à la direction de l'École, dont il avait su faire un organisme bien vivant, il suivait avec la plus grande attention les travaux du laboratoire, dont la direction rentrait aussi dans ses attributions, et qui servait d'une part aux essais réglementaires des postes téléphoniques présentés par les constructeurs, d'autre part aux essais et aux études à entreprendre soit sur la demande du Comité technique, soit sur celle de l'administration elle-même. Les ressources en personnel dont il disposait n'étaient pas, à cette époque, à la hauteur des besoins à satisfaire. Il n'avait, pour le seconder, qu'un seul ingénieur, dont l'utilité était même parfois contestée. Il appela souvent l'attention de l'administration sur les inconvénients d'une organisation aussi rudimentaire. Dans un rapport présenté par lui en 1898, dans lequel il donnait la liste des travaux auxquels il avait à faire face et demandait les augmentations de personnel qu'il jugeait nécessaires, nous trouvons les lignes que nous croyons devoir reproduire ici :

« Ces travaux ne consistent pas en l'emploi de méthodes clas-
« siques et d'un usage courant. Ils comportent, en même temps
« qu'une large puissance d'investigation, l'emploi continuel des
« ressources qu'offrent les parties les plus élevées de la science, mise
« au service d'une critique et d'un jugement très sévères. Dans aucun
« service, l'ingénieur ne peut trouver un emploi plus complet de son
« art et de sa science. »

Son appel ne devait pas être entendu pour des raisons d'économie, peut-être aussi pour d'autres considérations. Mais, avec le temps, les idées justes finissent généralement par être comprises. La conception qu'il ne réussit pas à faire admettre, préconisée par un de ses successeurs, fut adoptée quinze ans plus tard. Un Service d'études et de recherches bien vivant et fortement organisé, auquel on a attaché un certain nombre de jeunes ingénieurs, fonctionne dans un labora-

Digitized by Google

toire agrandi répondant aux conditions dont Thévenin demandait la réalisation pour le profit et le prestige de l'administration des Postes et des Télégraphes.

Malgré les faibles ressources qui lui étaient mesurées, Thévenin sut toujours faire face aux travaux qui lui étaient demandés, et, sous sa direction, le laboratoire put se prêter à un certain nombre de recherches expérimentales très intéressantes, auxquelles se consacrait l'ingénieur qui lui était adjoint, M. Voisenat, et dont quelques-unes, comme une étude sur les paratonnerres à décharge, sur les piles basées sur la réaction Leclanché, sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques, ont été publiées.

Thévenin n'avait pas d'autre ambition que de finir sa carrière comme directeur de l'École. L'administration en décida autrement. En 1901, il fut, contre son gré, nommé ingénieur en chef du service des Ateliers. Pour lui faire accepter ce poste, qu'on lui offrait avec un avancement appréciable, il fallut faire appel à son dévouement. A des arguments de cet ordre, Thévenin ne savait pas résister, et, tout en regrettant l'École, où il avait vécu le meilleur de son existence administrative, il prit possession des Ateliers du boulevard Brune, dont il assuma la direction jusqu'au moment de sa retraite. Il y apporta les qualités personnelles en raison desquelles on l'avait choisi, et qui sont celles qui caractérisent un véritable chef. Il devait réussir, auprès du personnel très nombreux qu'il avait à conduire, par son caractère toujours égal, par son tact, par son esprit de justice dont il ne s'écartait jamais, par l'aménité qu'il apportait dans ses rapports avec les agents et les ouvriers de tout grade, par la bienveillante fermeté que l'on savait toujours trouver chez lui. Aussi la sympathie de tous ses subordonnés lui était-elle acquise, et, pendant les douze années qu'il vécut au milieu d'eux, il n'y eut jamais de nuages sérieux, susceptibles d'attrister sa gestion.

Son rôle avait été précédemment celui d'un administrateur et d'un savant. Aux ateliers du boulevard Brune, il se retrouva en face des problèmes qui sont de la compétence des ingénieurs, et il sut montrer bien vite que, pas plus dans les bureaux de l'administration centrale qu'à l'École, il n'avait perdu le sens des réalités et des conceptions pratiques. Il eut, dès son entrée en fonctions, à étudier le développe-

Digitized by Google

ment de l'atelier des timbres-poste, dont les installations se trouvaient insuffisantes en prévision de l'abaissement des taxes qui allait exiger une fabrication de timbres intensive, et par suite aussi du renouvellement ininterrompu et du développement des timbres coloniaux, dont l'administration des Postes doit assurer les approvisionnements. Pour développer les moyens d'action qui lui avaient été légués, Thévenin se fit autoriser à entreprendre d'importantes transformations dans les presses à imprimer, dont quelques-unes étaient encore d'un modèle suranné. C'est à lui qu'on doit l'introduction, à l'atelier des timbres-poste, pour la fabrication des mandats, d'une presse rotative faisant, avec un personnel réduit, le travail qui exigeait précédemment l'intervention de six presses. C'est à lui que l'on doit l'acquisition d'un certain nombre de nouvelles machines à grand rendement servant à l'impression de timbres-poste, et qui permirent à l'administration de franchir les périodes difficiles qu'il fallait traverser au moment des changements de tarifs. Nous pouvons rappeler que c'est à la suite de la transformation de l'atelier et de l'impulsion qu'il sut donner à la fabrication des timbres-poste à un moment où le besoin s'est fait particulièrement sentir, que la rosette d'officier de la Légion d'honneur lui fut attribuée.

Au mois de janvier 1914, après une carrière bien remplie, Thévenin, se sentant fatigué, demanda sa mise à la retraite et quitta l'administration des Postes et Télégraphes, qu'il avait si bien servie, emportant avec lui les regrets et la sympathie de tous ceux qui l'avaient connu.

Nous venons de passer en revue les différents emplois que Thévenin a occupés au cours de sa vie administrative et dans lesquels il s'est distingué. Nous ne serions pas complets si nous ne parlions des services d'un autre ordre pour lesquels on s'est adressé à lui et des missions qui lui ont été confiées à cause de sa compétence professionnelle et de sa haute culture.

Rappelons qu'il a dirigé de 1898 à 1905 les travaux du Comité technique électrique, dont il était déjà membre depuis plus de dix ans. Tous ceux qui l'ont vu présider les séances ont rendu justice à son esprit méthodique ainsi qu'à l'art avec lequel il savait diriger les discussions.

Digitized by Google

Rappelons aussi que l'administration aimait à le désigner pour les commissions siégeant dans d'autres ministères, où elle était appelée à se faire représenter. Elle savait qu'elle avait ainsi un délégué qui lui ferait honneur et qui se ferait remarquer par son tact et son autorité. C'est ainsi qu'il représenta pendant quinze ans les services des Postes et Télégraphes au Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique. C'est ainsi qu'il fit partie de la Commision centrale des travaux géographiques de l'armée et qu'il fut nommé membre du Bureau central météorologique.

L'administration trouva en lui un précieux collaborateur pour l'instruction de son personnel, mettant à profit ses aptitudes pour l'enseignement. On savait qu'il n'avait jamais cessé de satisfaire son goût pour les études scientifiques. A sa sortie de l'École polytechnique, il avait subi avec succès les examens de deux licences ès sciences mathématiques et ès sciences physiques. Approfondissant le cours de Mesures électriques qui était professé à l'École supérieure de télégraphie, il s'était livré à quelques études personnelles, dont l'une au moins, datant de 1883, avait attiré l'attention sur son nom : il avait trouvé une formule très simple donnant la valeur de l'intensité d'un courant circulant dans un conducteur intercalé entre deux points d'un système de conducteurs linéaires parcouru par des courants électriques. La loi qu'il a indiquée est connue sous le nom de *Théorème de Thévenin*.

Il avait toutes les qualités requises pour faire un professeur de premier ordre. En 1882, l'administration organisait des cours pour les contrôleurs du service technique qui existait à cette époque ; il y fut chargé de l'enseignement des mathématiques. Lorsqu'en 1888 l'École professionnelle supérieure fut organisée comme elle l'est encore aujourd'hui, avec ses deux sections, l'une destinée à former les ingénieurs, l'autre destinée à préparer le personnel pour les hauts emplois de l'exploitation, c'est encore à lui que l'on eut recours pour le même objet dans la section des rédacteurs élèves, et ceux qui se sont succédé à son cours pendant plus de vingt ans sont unanimes à reconnaître le profit qu'ils en ont tiré.

La réputation qu'il s'était acquise comme professeur n'était pas restée limitée aux services de l'administration des Postes et Télé-

Digitized by Google

graphes, et l'on fit appel à son concours dans des établissements importants dépendant d'autres départements ministériels. Depuis 1885, il était chargé, à l'École des hautes études commerciales, d'un cours sur l'outillage national, dont le programme comportait l'étude des moteurs de diverses catégories, l'électricité industrielle, ainsi que des notions sur les chemins de fer, les voies navigables et les ports. A partir de 1891, l'Institut agronomique se l'attacha comme répétiteur du cours de mécanique, et, quelques années après, la chaire devenue vacante lui fut attribuée. Lors de la création de l'École supérieure du génie rural en 1919, c'est à lui que l'on s'adressa pour un cours de mathématiques générales, comprenant le calcul différentiel, le calcul intégral et la mécanique rationnelle, et destiné à compléter les notions acquises par les élèves de l'Institut agronomique, en les mettant à même d'approfondir les divers cours techniques qui forment la base de la science de l'ingénieur. Le savoir de Thévenin était à la hauteur des matières variées qu'il avait à enseigner. Il savait s'attacher ses auditeurs par son remarquable talent d'exposition et par la clarté qu'il projetait sur les parties les plus ardues du programme qu'il avait à parcourir.

Nous qui avons connu Thévenin, qui l'avons suivi au cours de cette belle carrière, nous avons été heureux de donner ici un tableau d'une vie aussi bien remplie. Mais ce que nous devons encore ajouter, c'est que les dons de l'intelligence étaient complétés chez lui par ceux du cœur. Les chefs dont il a été le collaborateur lui ont tous donné leur confiance et leur affection. Le personnel qui a servi sous ses ordres a toujours su comprendre et apprécier ce qu'il pouvait apprendre à l'école d'un chef instruit et bienveillant comme il l'était. Les fonctionnaires de tout ordre aimaient sa courtoisie, le charme et la franchise de son commerce. Ses camarades ont toujours professé pour lui la plus vive amitié. Ils savaient qu'ils pouvaient compter sur lui. C'est à lui qu'ils s'adressaient dans les moments difficiles. Il était le porte-parole des ingénieurs auprès de l'administration supérieure, et, grâce à l'autorité qu'il avait su acquérir, aucune intervention ne pouvait être plus efficace que la sienne.

Lorsque Thévenin prit sa retraite au commencement de 1914 pour jouir d'un repos qu'il avait bien mérité, il se retira dans la

Digitized by Google

maison familiale qu'il possédait à Meaux, et il n'en sortait plus que pour venir faire ses cours dans les écoles, où il était toujours accueilli avec la plus grande cordialité. Loin du monde, qu'il n'avait jamais aimé, il menait l'existence d'un sage dans ce paisible asile, et, s'il jetait un coup d'œil rétrospectif sur son existence, il pouvait se dire qu'elle avait été bien remplie et être fier de son passé.

H. Thomas.

Mort de Charles E. Scribner (1). — La mort récente de Charles E. Scribner, l'un des trois plus grands inventeurs électriciens des États-Unis au cours de ces dernières années, a donné l'occasion à Thomas E. Edison de prononcer l'éloge suivant :

« J'avais la plus grande admiration pour la puissance d'imagination de M. Scribner et son aptitude à voir par anticipation dans leurs menus détails les exigences de la vaste technique qui a été élaborée dans l'industrie électrique. M. Scribner fut l'inventeur le plus industrieux que j'aie jamais connu. Il paraissait infatigable, et son imagination semblait être illimitée. »

Le premier commutateur multiple à grande capacité était de son invention, et les circuits électriques des lignes d'intercommunication, les tableaux de commutation et appareils de signalisation inventés par lui ont été adoptés non seulement par les États-Unis d'Amérique, mais aussi par presque tous les pays du monde. En 1900, ses travaux lui valurent de se voir décerner une médaille d'or à l'exposition universelle de Paris.

Concours pour l'admission à la 1re section de l'École supérieure (mai-juin 1926) : Sujets des épreuves écrites. — *Rédaction sur un sujet général.* — Expliquer cette réflexion de d'Aguesseau (1re mercuriale : discours de rentrée au Parlement, 1698) : « Le plus précieux et le plus rare de tous les biens est l'amour de son état. »

Géographie. — L'agriculture française comparée à l'agriculture allemande.

(1) *Telephone review*, septembre 1926.

Digitized by Google

Rédaction sur un sujet ayant trait au service postal. — Exposez les principes relatifs à la propriété des correspondances à partir du moment du dépôt.

Dégagez et discutez les idées générales qui ont présidé à la réglementation destinée à sauvegarder les droits des parties.

Envisagez les cas d'objets de correspondances ordinaires, les cas d'objets recommandés et chargés.

Excluez les diverses exceptions aux règles générales.

Rédaction sur un sujet ayant trait au service électrique. — Indiquer les règles qui régissent le recouvrement à domicile des redevances téléphoniques et télégraphiques.

En supposant que l'administration décide le recouvrement obligatoire à domicile de ces redevances, sur quelles bases envisageriez-vous l'organisation de ce service en vous préoccupant de réduire au minimum les dépenses en personnel que cette mesure entraînerait ?

Droit administratif et droit civil. — Le rôle du conseil d'État comme tribunal administratif. — Les marchés de travaux publics.

Mathématiques. — I. a désignant un nombre positif, plus petit que 1, trouver deux nombres positifs, y et z, tels que l'on ait :

$$y^2 + z^2 = 1,$$

$$\frac{y}{z} = \frac{2a}{1 - a^2}.$$

On remplace y et z par les résultats obtenus dans l'égalité $my + (2 - m)z = 1$, et on écrit la variable x à la place du nombre a ; on forme une équation en x ; chercher comment sont placés -1 et $+1$ par rapport aux solutions de cette équation, quand le nombre m varie.

II. On donne un cercle O de rayon R et à l'intérieur de ce cercle un point P ; soit $OP = d$. Par ce point P on mène deux cordes rectangulaires, A B et C D.

1° Démontrer que la somme des carrés de deux côtés opposés du quadrilatère A C B D est égale à $4R^2$.

2° La distance du centre O du cercle à l'un des côtés de ce quadrilatère est égale à la moitié du côté opposé.

Digitized by Google

3° Les cordes A B et C D tournant autour de P, trouver le lieu géométrique des milieux des côtés du quadrilatère.

4° Exprimer l'aire S du quadrilatère A B C D en fonction de R, d et x, distance du centre O à A B. — On pose $x^2 = y$. Calculer y dans le cas particulier où

$$R = 3, \qquad d = 2\sqrt{2} \qquad \text{et } S = 8.$$

Physique. — I. Définition du travail et de la quantité de chaleur ; leurs unités usuelles de mesure. — Équivalence de la chaleur et du travail ; expérience de Joule.

II. Le condensateur.

Chimie. — I. Détermination de la composition de l'eau par synthèse.

II. Le chlore.

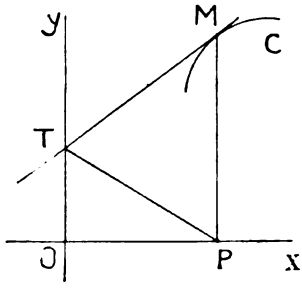
Concours pour l'admission à la 2e section de l'Ecole professionnelle supérieure des Postes et Télégraphes (1er octobre 1926) : sujets des épreuves écrites. — *Mathématiques.* — I. On considère la fonction $F(x)$ de la variable x représentée par l'intégrale définie

$$F(x) = \frac{1}{2}\int_{x_0}^{x}\left(x - \frac{\alpha^2}{x}\right) f(\alpha)\, d\alpha,$$

où x_0 est une constante, et $f(\alpha)$ une fonction donnée de α. Calculer les dérivés $F'(x)$, $F''(x)$, et démontrer que $F(x)$ est une intégrale particulière d'une équation différentielle linéaire de la forme

$$(E) \qquad F''(x) + p(x)\, F'(x) + q(x)\, F(x) = f(x),$$

où $p(x)$ et $q(x)$ sont des fonctions de x, indépendantes de la forme de la fonction $f(\alpha)$. Calculer ces coefficients, et trouver l'intégrale générale de l'équation (E).

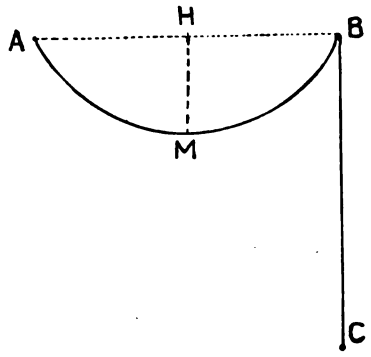


II. Les axes Ox, Oy étant supposés rectangulaires, en un point M d'une courbe C du plan xOy, on mène l'ordonnée MP et la tangente MT qui coupe Oy au point T. Déterminer les courbes C pour lesquelles la longueur TP a une valeur constante a, et indiquer la forme générale de ces courbes.

Digitized by Google

N. B.. — Les coordonnés (x, y) d'un point M d'une courbe C peuvent s'exprimer par des fonctions simples d'un paramètre.

Mécanique. — I. Un fil homogène parfaitement flexible, de longueur L, a l'une de ses extrémités fixée en un point A. Il passe

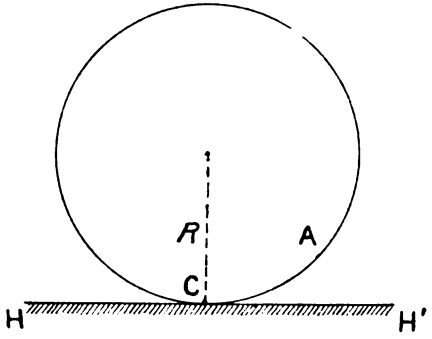


sur une poulie, de dimensions négligeables, dont le centre est en B, à la même hauteur que A, puis il pend verticalement en BC. La poulie est supposée parfaitement mobile autour de son axe.

Comment peut-on dans la position d'équilibre, calculer la flèche $f = MH$ de l'arc de chainette AMB ?

Le problème n'est évidemment possible que si la longueur donnée L surpasse la distance $AB = 2c$. Cette condition est-elle suffisante ?

II. Un tore homogène de masse M et de section transversale infiniment petite, assimilé à une circonférence de rayon R, peut rouler



sans glisser sur une horizontale HH'. On néglige la résistance au roulement.

Digitized by Google

A l'intérieur de ce tore, glisse, sans frottement, une bille A, de masse m, assimilée à un point matériel.

Former les équations générales du mouvement de ce système.

Etudier, en particulier, le cas où, à l'instant initial, la vitesse de rotation du tore est infiniment petite et le point A, animé d'une vitesse infiniment petite, coïncide avec le point de contact C du tore et de l'horizontale HH'.

Physique. — I. Expliquer, sur un exemple, ce que l'on entend par un système d'ondes stationnaires. Indiquer sommairement, pour chacune des catégories de vibrations mécaniques, électromagnétiques et lumineuses, comment on peut réaliser et observer un système d'ondes stationnaires.

II. Dans l'intérieur d'une bobine cylindrique horizontale, peut tourner, autour d'un axe vertical, une seconde bobine dont les plans des spires sont parallèles à l'axe de rotation. Les deux bobines sont parcourues par le même courant.

La seconde étant d'abord dans la position d'équilibre stable, pour laquelle les spires des deux bobines sont parallèles, on l'écarte d'un petit angle de cette position et on l'abandonne. Elle revient à l'équilibre en effectuant une série d'oscillations, que l'on supposera très peu amorties.

On s'est arrangé de manière à ce que le champ magnétique terrestre n'intervienne pas.

1° Montrer que la quantité d'électricité qui parcourt les bobines pendant la durée d'une oscillation ne dépend pas de l'intensité du courant.

2° La bobine fixe est très longue et a n spires par centimètre. La bobine mobile a un nombre total de spires N et la surface de chacune des spires est s. Le moment d'inertie de la bobine mobile est K. Calculer la quantité d'électricité qui parcourt les bobines durant une oscillation, et chercher la quantité d'argent déposée, pendant 100 oscillations, à la cathode d'un voltamètre en série avec les bobines.

Application numérique :

$$n = 10 ; \quad N = 20 ; \quad s = 80 \text{ cmq} ; \quad K = 70.000 \text{ C. G. S.}.$$

Poids atomique de l'argent : 108.

Digitized by Google

Dans l'électrolyse, une valence-gramme est libérée lors du passage de 96.600 coulombs.

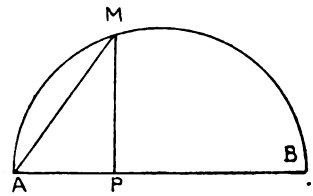
Chimie. — I. Industrie, propriétés physiques et chimiques du carbonate de soude, de la soude caustique et du sodium métallique.

II. Principaux caractères des sels de sodium. Analogies et différences entre le sodium et le potassium.

Examen pour l'admission à l'emploi de sous-ingénieur du service de la téléphonie automatique : sujets des épreuves écrites. — *Mathématiques*. — I. Définition de la dérivée d'une fonction. Son interprétation géométrique. Recherche des maxima et minima d'une fonction.

Calculer la dérivée de la fonction $y = \frac{1}{x}$.

II. On considère un demi-cercle de diamètre $AB = 2R$. Un mobile P part de A sans vitesse initiale et parcourt le diamètre AB d'un mouvement uniformément accéléré, d'accélération γ.



Soit M l'intersection avec la circonférence de la droite PM, perpendiculaire en P à AB. Le point M décrit ainsi la demi-circonférence tandis que le point P décrit le diamètre AB.

1° Démontrer que la longueur de la corde AM croît proportionnellement au temps.

2° Déterminer, en grandeur, direction et sens, la vitesse du point M à chaque instant. Calculer, en particulier, la grandeur de cette vitesse lorsque le point M est en A, puis lorsqu'il a parcouru un quart de circonférence, puis lorsqu'il arrive en B.

3° Application numérique : $\gamma = 4$ centimètres-seconde à la seconde ; $R = 9$ centimètres.

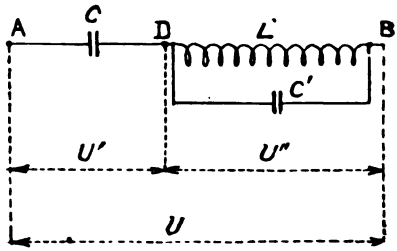
Donner l'expression de AM à chaque instant. Au bout de combien de temps le mobile M aura-t-il parcouru un quart de circonférence ? Quelles seront les valeurs correspondantes de sa vitesse ?

Électricité. — I. Courants de Foucault. Leur rôle dans les

Digitized by Google

machines ; moyens de les éviter. Leur application aux relais téléphoniques à effet retardé.

II. On maintient une différence de potentiel sinusoïdale U de pulsation ω entre les extrémités A et B d'un circuit. Celui-ci se compose d'une capacité C montée en série avec une bobine sans résistance appréciable et de coefficient de self L ; cette capacité et cette self



satisfont à la condition de résonance. De plus, une capacité C' est montée en dérivation aux bornes de la bobine de self. On désignera respectivement par U' et U'' les différences de potentiel aux bornes de la capacité C et aux bornes des dérivations.

1° Démontrer que les tensions U, U' et U'' sont en phase.

2° Calculer U' et U'' en fonction de U.

3° Calculer la valeur de l'intensité qui traverse la capacité C'. On vérifiera que cette intensité ne dépend pas de la valeur de la capacité C'.

4° Application numérique : On donne $U = 500$ volts efficaces, $L = 0^{H},318$, et 50 périodes par seconde pour la fréquence du courant. Calculer l'intensité qui traverse la capacité C'.

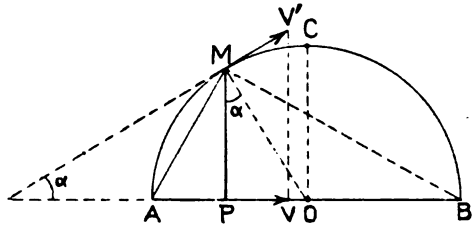
Rédaction. — Un grand savant moderne, Berthelot, a dit que la science était essentiellement une œuvre collective, exprimant la solidarité de toutes les générations et de tous les peuples. Expliquer et discuter cette opinion.

Solution du problème de mathématiques. — 1°

$$x = \overline{AP} = \frac{1}{2}\gamma t^2.$$

AM est moyen proportionnel entre sa projection AP sur l'hypoténuse et l'hypoténuse entière AB :

Digitized by Google



$$\overline{AM}^2 = \overline{AB} \times \overline{AP} = 2R \times \frac{1}{2}\gamma t^2,$$

d'où : $$AM = \sqrt{R\gamma}\, t.$$

2° Vitesse du point P : $PV = \gamma t.$

Or : $$MV' = \frac{PV}{\cos\alpha} = \frac{\gamma t}{\cos\alpha}.$$

Calculons $\cos\alpha$. On a : $$\cos\alpha = \frac{PM}{R},$$

et : $$PM = \sqrt{\overline{OM}^2 - \overline{OP}^2} = \sqrt{R^2 - (R-x)^2} = \sqrt{(2R-x)x} =$$
$$= \sqrt{\left(2R - \frac{1}{2}\gamma t^2\right) \times \frac{1}{2}\gamma t^2},$$

d'où : $$MV' = \frac{\gamma t}{\cos\alpha} = \frac{\gamma t \times R}{\sqrt{\left(2R - \frac{1}{2}\gamma t^2\right) \times \frac{1}{2}\gamma t^2}},$$

et enfin : $$MV' = R\sqrt{\frac{\gamma}{R - \frac{\gamma t^2}{4}}}.$$

Cas particuliers :

M en A : $t = 0$;

$$MV' = R\sqrt{\frac{\gamma}{R}} = \sqrt{R\gamma}.$$

M en C : P est en O ; donc :

$$R = \frac{1}{2}\gamma t^2,$$

et $$t = \sqrt{\frac{2R}{\gamma}};$$

$$MV' = R\sqrt{\frac{\gamma}{\frac{R}{2}}} = \sqrt{2\gamma R}.$$

Digitized by Google

Cette vitesse est égale à la vitesse du point P au même instant :

$$PV = \gamma t = \gamma \times \sqrt{\frac{2R}{\gamma}} = \sqrt{2R\gamma}.$$

En effet, ces deux vitesses sont alors parallèles.

M en B : P est en B ; donc :

$$2R = \frac{1}{2}\gamma t^2,$$

$$t = 2\sqrt{\frac{R}{\gamma}}.$$

Le dénominateur de MV' : $R - \frac{\gamma}{4}t^2$ est alors nul, la vitesse MV' est donc infinie. L'interprétation géométrique de ce fait est évidente.

3° Application numérique :

$$\gamma = 4^{\text{cm/sec/sec}},$$

$$R = 9^{\text{cm}},$$

$$AM = \sqrt{R\gamma}\, t = 6t.$$

M en C :

$$t = \sqrt{\frac{2R}{\gamma}} = \sqrt{\frac{2\times 9}{4}} = \frac{3}{\sqrt{2}} \text{ secondes.}$$

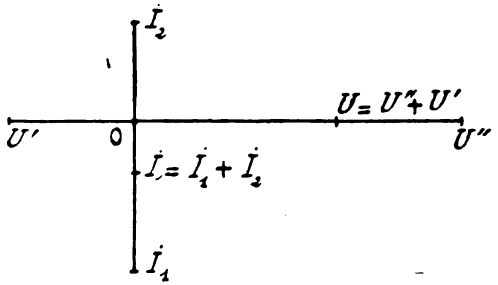
MV' vaut alors : $\sqrt{2\gamma R} = \sqrt{2\times 4\times 9} = 3\sqrt{8}^{\text{cm/sec}}$.

M en B :

$$t = 2\sqrt{\frac{R}{\gamma}} = 2\sqrt{\frac{9}{4}} = 3 \text{ secondes.}$$

MV' est infinie.

Solution du problème d'électricité. — 1° Le diagramme montre immédiatement que les trois tensions sont en phase ou en opposition :



On constate que les intensités I_1 et I_2 sont en opposition. L'inten-

Digitized by Google

sité I est donc égale, en valeur absolue, à $I_1 - I_2$. Selon que $I_1 > I_2$ ou $I_2 > I_1$, la tension U'' est en opposition ou en phase avec U''.

2° On a : $$I_2 = U'' C' \omega,$$

$$I_1 = \frac{U''}{L\omega}.$$

En supposant $I_1 > I_2$:

$$I = U'' \left(\frac{1}{L\omega} - C'\omega \right) = U'' (C\omega - C'\omega) = U'' \omega (C - C') ;$$

(C et L étant en résonance)

$$U' = \frac{I}{C\omega} = \frac{U'' \omega (C - C')}{C\omega} = U'' \times \frac{C - C'}{C},$$

$$U = U'' - U' = U'' \left[1 - \frac{C - C'}{C} \right] = U'' \times \frac{C'}{C}.$$

En supposant $I_2 > I_1$:

$$I = U'' \omega (C' - C);$$

$$U' = \frac{I}{C\omega} = \frac{U'' \omega (C' - C)}{C\omega} = U'' \times \frac{C' - C}{C},$$

et $$U = U' + U'' = U'' \left[1 + \frac{C' - C}{C} \right] = U'' \times \frac{C'}{C}.$$

On a donc la même expression dans les deux cas ;

d'où : $$U'' = U \times \frac{C}{C'},$$

et : $$U' = U'' \times \frac{C' - C}{C'} = U \times \frac{C}{C'} \times \frac{C' - C}{C},$$

$$U' = U \frac{C' - C}{C'},$$

ou : $$U' = U \frac{C - C'}{C'},$$

suivant les cas.

3° $$I_2 = U'' C' \omega = U \times \frac{C}{C'} \times C' \omega = UC\omega,$$

expression indépendante de C'.

4° Application numérique :

$$I_2 = UC\omega = \frac{U}{L\omega} = \frac{500^{V}}{0{,}318 \times 2\pi \times 50} = 5 \text{ ampères} ;$$

$I_2 = 5$ ampères efficaces.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Der Briefbeforderungsdienst, par Laurenz Schneider. Berlin. R. v. Decker, 1926. 1 vol. in-8°.

Sous ce titre « le service de l'expédition des lettres », M. Laurenz Schneider nous présente une étude à la fois très complète et très concise des opérations auxquelles donne lieu, en Allemagne, la transmission des correspondances, et des moyens employés pour l'effectuer.

Cet ouvrage n'est pas un simple résumé des instructions de service de la Reichspost. L'auteur s'est élevé plus haut : avec un sens critique et un esprit d'analyse qui relèvent visiblement de l'école tayloriste, il a analysé la valeur économique des méthodes et du matériel utilisés pour l'administration ; il a discuté, en passant, maint problème pratique dont la solution préoccupe les bons professionnels de tous les pays. Par exemple, convient-il de timbrer les correspondances avant ou après le tri ? Jusqu'où faut-il pousser le tri préparatoire ? Que vaut, pratiquement, le tri alphabétique, dit A, B, C, récemment introduit à Berlin ? Pourquoi, dans un cas déterminé, est-il d'usage de procéder ainsi et non autrement ? Dans quel sens enfin doit-on chercher les améliorations possibles ? L'ouvrage de M. Schneider devient ainsi, conformément au vœu de l'auteur, un véritable conseiller pour les agents allemands désireux d'étudier et de perfectionner les méthodes administratives et les moyens de travail en usage.

L'étude des rapports entre la Reichspost et les chemins de fer et et compagnies de transports maritimes est précédée d'un historique du plus haut intérêt. La poste par automobiles, la poste aérienne fournissent également deux chapitres riches en aperçus. L'Allemagne, dégagée des entraves qui lui sont imposées par le traité de Versailles, serait en mesure, au dire de l'auteur, de réaliser immédiatement un superavion, depuis longtemps conçu par la Junker, capable d'enlever 100 passagers et de couvrir en quelques jours le trajet Berlin—Tokio.

Digitized by Google

Quelques chapitres sur la sélection et l'orientation professionnelles terminent l'ouvrage de M. Schneider, qui a su dégager, d'une matière assez aride en elle-même, une véritable philosophie.

Les filtres électriques: théorie, construction, applications, par M. Pierre David, ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur à la radiotélégraphie militaire. Préface de M. le général Ferrié, membre de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars, 1926. 1 vol. in-8° de 130 pages, avec 76 figures et planches hors texte. — Prix: 25 francs + 20 %.

Nous ne croyons pas pouvoir mieux faire que de publier la préface de M. le général Ferrié :

« Le développement vraiment prodigieux de toutes les applica-
« tions des courants de haute fréquence crée au technicien des
« obligations nouvelles. Il ne s'agit plus seulement d'imaginer ces
« applications et de les amener à l'état d'achèvement qui permette
« leur emploi courant ; il faut encore défendre chacune d'elles contre
« les voisines et trouver les moyens propres à les entasser dans
« les moindres espaces. Il faut éliminer d'une réception toutes les
« influences étrangères aux signaux à recevoir, envoyer sur le même
« fil un grand nombre de communications distinctes, supprimer des
« harmoniques ou au contraire les faire apparaître.

« Toutes ces obligations ont conduit à une technique nouvelle
« qui constitue une section nettement tranchée de la radio-électricité.
« Son développement est dû surtout à des travaux mathématiques
« d'un ordre quelque peu abstrait où les représentations physiques,
« basées sur les éléments familiers aux techniciens, font souvent
« défaut.

« M. David, avec son esprit méthodique et précis, a su présenter
« tous ces problèmes importants sous le jour le plus clair en séparant
« nettement les applications pratiques de l'exposé mathématique ;
« dans cette dernière partie, il a employé une heureuse gradation qui
« rend la lecture, même rapide, particulièrement facile. Des applica-
« tions numériques et des tableaux groupant les divers types de
« filtres complètent l'exposition et donnent une image très vivante
« de l'ensemble de la question. »

Digitized by Google

Le Service d'études de l'administration des Postes et Télégraphes et le Service de la télégraphie sans fil apprécient grandement cet ouvrage.

Théorie du haut-parleur, par Ph. le Corbeiller, ingénieur des Postes et Télégraphes, docteur ès sciences.

La théorie du haut-parleur, par Ph. le Corbeiller, fait partie de la collection des cours de l'École supérieure d'électricité (section de radiotélégraphie). Établie par des considérations mathématiques, c'est un travail tout à fait remarquable par sa rigueur scientifique et, en même temps, aboutissant à des conclusions pratiques importantes.

M. le Corbeiller distingue quatre chapitres dans la théorie du haut-parleur :

1. Rappel de l'analogie des oscillations mécaniques et électriques; représentation d'un régime d'oscillations forcées par le diagramme du cercle de Kennelly ; courbes de résonance ; analogie d'un système électrique ou mécanique à deux degrés de liberté avec deux systèmes à un degré de liberté, tous deux électriques ou tous deux mécaniques, réagissant l'un sur l'autre (systèmes couplés, l'un dénommé primaire et l'autre secondaire).

2. Agencement électromécanique du haut-parleur.

3. Étude des pavillons des haut-parleurs; propagation des ondes planes dans des pavillons de longueur indéfinie (cylindriques, coniques, exponentiels) ; propagation dans un pavillon de longueur finie.

4. Portée mécanico-acoustique dans la théorie du haut-parleur ; rôle de la chambre du haut-parleur ; rôle du pavillon ; rendement mécanico-acoustique.

Guide du consommateur d'énergie électrique à la ville et à la campagne, par Allain-Launay. Paris, Union des syndicats de l'électricité, 25, boulevard Malesherbes, 1924. Une brochure in-16 de 64 pages, avec 11 figures. — Prix : 1f,80.

Il a semblé à l'Union des syndicats de l'électricité qu'il lui appartenait de mettre à la disposition de tous, qu'ils soient déjà des consommateurs ou qu'ils songent à le devenir, un guide qui, sous une forme simple, préciserait les notions que chacun doit connaître. Les

Digitized by Google

pouvoirs publics ont encouragé cette initiative et ont donné leur approbation à cette brochure qui, sous une forme élémentaire et dans un style humoristiqué, résume, de la façon la plus claire et la plus précise possible, les lois qui régissent la distribution et l'emploi de l'énergie électrique.

Guide des pensionnés civils et militaires, par H. Dauzie, rédacteur principal au ministère des pensions. Paris, Chiron, s. d., 1 vol. in-8° de 140 pages.— Prix : 6 francs.

Tous les fonctionnaires civils ou militaires ont intérêt à connaître les lois qui régissent actuellement les pensions. Dans le guide qui vient de paraître, M. Dauzie leur fournit à ce sujet, en un style clair et concis, tous les renseignements désirables.

Digitized by Google

Digitized by Google

Table analytique des matières de l'année 1926.

Postes.	Pages
L'emploi des balances dans les bureaux de poste (balances à lecture directe), par E. Reynaud-Bonin, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	1
La boulisterie électrique de l'hôtel des postes de Tunis, par E. Crouzet, inspecteur des Postes et Télégraphes, chef des services électriques de l'office tunisien	65
Le matériel roulant postal, par A. Lecoq, rédacteur principal des Postes et Télégraphes	103, 573,
Timbres-poste des arts décoratifs, par J.-B. Pomey, inspecteur	917
général des Postes et Télégraphes	176
Les machines à oblitérer Flier, par P. Mocquard, ingénieur des Postes et Télégraphes	193
L'hôtel des postes de Tunis, par E. Crouzet, inspecteur des Postes et Télégraphes, chef des services électriques de l'office tunisien	385
Dépoussiérage des sacs postaux, par L. Jammes, ingénieur des Postes et Télégraphes	169
Le ménage des postes et télégraphes suisses, par Reinhold Furrer, directeur général des Postes et des Télégraphes suisses	745
Les machines automatiques de comptabilité et de statistique, par J. Sindou, docteur en droit	837
La poste aux armées au XVIIIe siècle, à propos de l'expédition de Minorque, par J.-W. Padovani, rédacteur breveté des Postes et Télégraphes	997
INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.	
L'activité commerciale des avions postaux américains	87
Timbres-poste tchécoslovaques	1077
Télégraphes.	
Système diplex pour câbles sous-marins, par E. Montoriol, inspecteur des Postes et Télégraphes	75
L'exposition internationale de radiotélégraphie à Genève (septembre 1925), par P. Baize, ingénieur des Postes et Télégraphes.	210
Procédé de télégraphie multiplex approprié à l'emploi du code Morse	223
Note au sujet du régulateur Doignon-Mendonça-d'Oliveira, par R. Dubois, ingénieur au laboratoire du Centre d'études de la Marine, à Toulon	243
Description du télégraphe Creed, système start-stop	302

Digitized by Google

	Pages
Enregistreur automatique de signaux Morse en langage clair	416
La Conférence télégraphique de Paris (1925), par E. Brois, directeur de l'Exploitation télégraphique, vice-président de la conférence	492
Production d'oscillations électriques entretenues à l'aide de triodes autoredresseuses à circuits séparés, par J. Grel, sous-ingénieur des Postes et Télégraphes	585
Les tableaux d'appels de messagers dans les bureaux télégraphiques américains, par Jean Jacob, ingénieur des Postes et Télégraphes	598
L'appareil télégraphique Wright, par P. Mocquard, ingénieur des Postes et Télégraphes	685
Le ménage des postes et des télégraphes suisses, par Reinhold Furrer, directeur général des Postes et Télégraphes suisses	745
Localisation des ruptures dans les fils télégraphiques, par J. Voisenat, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes en retraite	777
Régulateur Doignon-Mendonça-d'Oliveira : discussion d'une remarque	870
Recherches sur les transmissions sur les plus hautes fréquences de la T.S.F., par A. Hoyt Taylor	872
L'union internationale de radiotélégraphie scientifique	934
Dispositif d'appel sur les longues lignes reliées à un multiple télégraphique, par J.-H. Gosselin, ingénieur des Postes et Télégraphes	1001
Télégraphie sur les longs circuits bifilaires	1048
REVUE DES PÉRIODIQUES.	
Les variations des signaux de T.S.F	452
Les derniers progrès en T.S.F	546
INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.	
La conférence télégraphique internationale de Paris	86
Téléphones.	
Essais effectués sur quelques parafoudres à l'amalgame de potassium, par L.-J. Collet, ingénieur des Postes et Télégraphes	13
L'automatique rural, par Robert Dreyfus, ingénieur des Postes et Télégraphes	44
Numération, traduction et sélection dans les grands réseaux téléphoniques urbains, par M. Damoiseau	50
Note sur les relais à action différée, par Ch. Suchet, ingénieur des Postes et Télégraphes	77
L'amplificateur à haute fréquence à montage « neutrodyne », par Paul Baize, ingénieur des Postes et Télégraphes	109
La transmission radiotéléphonique des manifestations de Genève (septembre 1925), par M. Pellenc, ingénieur des Postes et Télégraphes	117

Digitized by Google

	Pages
La préparation télégraphique des communications téléphoniques et le rendement des grands circuits interurbains, par A. Boudinet, inspecteur de la direction des Services téléphoniques de Paris...	250
Sur l'emploi des mesures de capacité pour rechercher et localiser les ruptures de circuits, par V. Poxs, rédacteur, élève à l'École supérieure des Postes et Télégraphes	266
Mesure absolue du temps de fonctionnement des relais au moyen du galvanomètre balistique, par S. Reynaud, sous-ingénieur des Postes et Télégraphes	270
L'application du régime de la conversation taxée à Paris, par René Bichon, inspecteur des Postes et Télégraphes	318
Appareil téléphonique à prépayement du système Hall, sans bouton d'encaissement	330
Influence de l'imparfaite reproduction des circuits réels par les lignes artificielles, sur l'amorçage d'oscillations parasites dans les relais téléphoniques doubles	338
Utilisation d'un ohmmètre industriel pour des mesures de localisation par la boucle, par E. Chorzet, inspecteur des Postes et Télégraphes, chef des services électriques de l'office tunisien	347
Les postes de réception types de la radiodiffusion, par M. Pellenc, ingénieur des Postes et Télégraphes	392, 675
Étude des postes d'opératrice dans les bureaux téléphoniques, par J.-H. Gosselin, ingénieur des Postes et Télégraphes	430
Localisation d'un défaut d'isolement sur un câble téléphonique, par K. Küpfmüller	437
Les surtensions de rupture dans les réseaux téléphoniques, par M. Chavasse, ingénieur des Postes et Télégraphes	522
Le câble téléphonique Lyon—Saint-Étienne, par E. Picault, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	615
Sur un type d'oscillations entretenues par réaction, par Ph. le Corbeiller, ingénieur des Postes et Télégraphes, docteur ès sciences.	653
Étude sur l'établissement des canalisations téléphoniques multiples dans Paris, par J. Mailley, ingénieur des Postes et Télégraphes	703
Contribution à la théorie du transformateur téléphonique, par J. Carvallo, agrégé et docteur ès sciences, chef de laboratoire à la Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance, et H. Renault, ingénieur E. S. E., attaché au laboratoire de la Société d'études pour liaisons téléphoniques et télégraphiques à longue distance	788
Matériel étanche de sous-répartition de câbles d'abonnés pour chambres souterraines, par J. Mailley, ingénieur des Postes et Télégraphes	860
Téléphonie automatique	950, 1019
Service d'études et de recherches techniques.	
Les nouveaux appareils téléphoniques à batterie centrale, du type de 1924, de l'administration	79

Digitized by Google

	Pages
REVUE DES PÉRIODIQUES.	
Sur la détection	450
Le développement de la téléphonie automatique en Allemagne	548
Amplificateurs à deux fils	730
Divers.	
Méthode de calcul des embases de pylônes, par J.-H. Gosselin, ingénieur des Postes et Télégraphes	25
Anniversaire de la station de T.S.F.	97
Propagation des ondes électriques à la surface de la terre, par H. W. Nichols et J. C. Schelleng	140
Nouveau fréquencemètre à échelle très étendue, par A. Campbell	166
Historique des piles Féry à dépolarisation par l'air employées au bureau télégraphique d'Épernay, par A. Mourlam, mécanicien principal des P.T.T.	173
La participation de l'administration des P.T.T. à l'exposition internationale de la houille blanche, par M. Pelleng, ingénieur des Postes et Télégraphes	201, 289
Note au sujet du régulateur Doignon-Mendonça-d'Oliveira, par R. Dubois, ingénieur au laboratoire du Centre d'études de la Marine, à Toulon	243
Construction de galeries souterraines par injection de mortier, par J. Mailley, ingénieur des Postes et Télégraphes, et J. Dijonneau, ingénieur des Arts et Manufactures	257
Le matériel français pour lignes aériennes, par E. Picault, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	313
Démonstration de la loi de Maxwell, proposition fondamentale de la théorie des gaz, par A.-K. Erlang	351
Les nouveaux radiophares français, par André Blondel, membre de l'Académie des sciences, inspecteur général, adjoint au directeur du service des phares et balises	478
Remarques au sujet des lois des courants alternatifs, par L.-J. Collet, ingénieur des Postes et Télégraphes	631
Sur un type d'oscillations entretenues par réaction, par Ph. Le Corbeiller, ingénieur des Postes et Télégraphes, docteur ès sciences	653
Influence perturbatrice exercée par les lignes à courant fort, par M. Jäger	884
Sur une formule de révision des prix des marchés, par G. Giral, sous-chef de bureau des Postes et Télégraphes	929
Le quadripôle, par L.-J. Collet, ingénieur des Postes et Télégraphes	939
Câblage en étoile et câblage Dieselhorst-Martin	955
La quarte J.-H., nouveau mode de fabrication du circuit à quatre fils	968
Le point de vue économique dans la construction des lignes aériennes.	974
Courbes de décharge de quelques éléments de pôle à dépolarisation par l'air, par E. Reynaud-Bonin, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes	1014

Digitized by Google

	Pages
La technique de l'aviation, par J.-B. Pomey, inspecteur général des Postes et Télégraphes	1027
L'aviation postale aux États-Unis d'Amérique, par J.-B. Pomey, inspecteur général des Postes et Télégraphes	1039
REVUE DES PÉRIODIQUES.	
Lampes électriques et protection de la vue	360
Sur l'application des courants photoélectriques à la photométrie	362
Emploi des alliages de grande perméabilité dans la construction des transformateurs d'intensité	451
Les propriétés physiques des vapeurs de pétrole et les lois de leur écoulement	645
Un condensateur colloïde	1074
INFORMATIONS ET VARIÉTÉS.	
Un progrès dans l'outillage des monteurs	182
La mort par l'électricité : résultats pratiques acquis par des études électropathologiques	371
Accidents électriques et respiration artificielle	373
Remarques au sujet des communications de M. Jellinek	375
La respiration artificielle des asphyxiés	377
Le trafic à New-York	460
Fer à souder électrique spécial pour la téléphonie et la télégraphie.	463
Conférence de M. Hossein Hedjazi sur *La Nation persane : le peuple et les événements*	560
Lignes électriques à très haute tension existant en France le 1er janvier 1926	649
Doctorat ès sciences	826
Les régulateurs de vitesse à force centrifuge	994
Règles des signes	1078
Heures libres	1082
Albert Cim	1086
Léon Thévenin	1090
Mort de Scribner	1098
Service d'Études et de Recherches Techniques	
Impédance caractéristique et affaiblissement kilométrique des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb (conducteurs de 1mm,5 et 2mm,5), par MM. Collet et Chavasse, ingénieurs	180, 562
Méthode proposée pour la localisation de défauts sur les lignes	987
Addenda	463
Errata	562
Bibliographie	88, 184, 277, 382, 465, 563, 734, 831, 1108

Digitized by Google

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS.

MM.	TITRES DES ARTICLES.	PAGES.
BAIZE.....	L'amplificateur à haute fréquence à montage neutrodyne.....	109
	L'exposition internationale de radiotélégraphie à Genève (septembre 1925).....	210
BELL, SHANCK, et BRANSON....	Télégraphie sur les longs circuits.....	1048
BICHON.....	L'application du régime de la conversation taxée à Paris.....	318
BIGORGNE.....	Compte rendu de l'ouvrage : « Pression de la lumière », par LEBEDEF.....	382
	Note sur une étude relative à un article de W. DEUTSCHMANN publié dans « Zeitschrift für Fernmeldetechnik », 16 mars 1925.	338
BLONDEL.....	Les nouveaux radiophares français.....	478
BOUDINET.....	La préparation télégraphique des communications téléphoniques et le rendement des grands circuits interurbains.....	250
BRÉGUET.....	L'aviation postale aux États-Unis d'Amérique.....	1039
BROIN.....	La Conférence télégraphique de Paris (1925).....	492
CAMPBELL.....	Nouveau fréquencemètre à échelle très étendue.....	166
CARVALLO et RENAULT.....	Contribution à la théorie du transformateur téléphonique.....	786
CHAVASSE.....	Impédance caractéristique et affaiblissement kilométrique des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb.....	180
	Les surtensions de rupture dans les réseaux téléphoniques.....	522
COLLET.....	Essais effectués sur quelques parafoudres à l'amalgame de potassium.....	13
	Impédance caractéristique et affaiblissement kilométrique des câbles téléphoniques sous papier et sous plomb.....	180
	Remarques au sujet des lois des courants alternatifs.....	631
	Le quadripôle.....	939
COTTON.....	Compte rendu de l'ouvrage « L'électron en chimie », par Sir J. J. THOMSON.....	566
CROUZET.....	La boulisterie électrique de l'hôtel des Postes de Tunis.....	65
	Utilisation d'un ohmmètre industriel pour les mesures de localisation par la boucle.....	317
	L'hôtel des Postes de Tunis.....	385
DAMOISEAU.....	Numération, traduction et sélection dans les grands réseaux téléphoniques urbains.....	50
DIJONNEAU.....	Construction de galeries souterraines par injection de mortier.	257
DREYFUS.....	L'automatique rural.....	44
DUBOIS.....	Note au sujet du régulateur Doignon-Mendoça-d'Oliveira.....	243
ERLANG.....	Démonstration de la loi de Maxwell, proposition fondamentale de la théorie des gaz.....	354

Digitized by Google

	TITRES DES ARTICLES.	PAGES.
FURRER	Le ménage des Postes et des Télégraphes suisses	745
GIRAL	Sur une formule de révision des prix des marchés	929
GOSSELIN	Méthode de calcul des embases de pylônes	25
	Étude des postes d'opératrice dans les bureaux téléphoniques	430
	Dispositif d'appel sur les longues lignes reliées à un multiple télégraphique	1001
GREL	Production d'oscillations électriques entretenues à l'aide de triodes autoredresseuses à circuits séparés	585
JACOB	Les tableaux d'appels de messagers dans les bureaux télégraphiques américains	598
JÄGER	Influence perturbatrice exercée par les lignes à courant fort	884
JAMMES	Dépoussiérage des sacs postaux	469
P. JANNET	Compte rendu de l'ouvrage « Formules et tables pour la résolution des problèmes sur les courants alternatifs », par Louis COHEN	564
KÜPFMÜLLER	Localisation d'un défaut d'isolement sur un câble téléphonique	437
LECOQ	Le matériel roulant postal	103, 573, 917
LE CORBEILLER	Sur un type d'oscillations entretenues par réaction	653
MAILLEY	Construction de galeries souterraines par injection de mortier	257
	Étude sur l'établissement des canalisations téléphoniques multiples dans Paris	703
	Matériel étanche de sous-répartition	860
MOCQUARD	Compte rendu de l'ouvrage « Étude des courants telluriques », par D. STENQUIST	90
	La machine à oblitérer Flier	193
	L'appareil télégraphique Wright	685
MONTORIOL	Système diplex pour câbles sous-marins	75
MOURLAM	Historique des piles Féry à dépolarisation par l'air employées au bureau télégraphique d'Épernay	173
NICHOLS	Propagation des ondes électriques à la surface de la terre	140
PADOVANI	La poste aux armées au XVIIIe siècle, à propos de l'expédition de Minorque	997
PELLENC	La transmission radiotéléphonique des manifestations de Genève (septembre 1925)	117
	La participation de l'administration des P.T.T. à l'exposition internationale de la houille blanche	201, 289
	Les postes de réception types de la radiodiffusion	392, 675
PICAULT	Le matériel français pour lignes aériennes	313
	Le câble téléphonique Lyon—Saint-Étienne	615
POMEY	Timbres-poste des Arts décoratifs	176
	Compte rendu de l'ouvrage « Cours de télécommunication électrique » du syndicat national des P.T.T.	94
	Compte rendu de l'ouvrage « La téléphonie automatique », par J. MILHAUD	186
	Note sur « La respiration artificielle des asphyxiés »	377
	Traduction de l'article « Le trafic à New-York » paru dans la Rivista delle communicazioni 15 janvier 1926)	460

Digitized by Google

	TITRES DES ARTICLES	PAGES.
	Compte rendu de l'ouvrage « La réorganisation des usines suivant les méthodes Taylor-Thomson », par G. BERTRAND THOMPSON	465
	Compte rendu de l'ouvrage « Vingt leçons pratiques sur les courants alternatifs, par E. NICOLAS	465
	Notice bibliographique sur la *Rivista delle communicazioni, posta, telegraphi, telefoni*, fondée par le ministère des Postes et Télégraphes d'Italie	466
	Compte rendu de l'ouvrage « Éléments d'astrophysique », par A. NODON	563
	Compte rendu de l'ouvrage « Mécanique analytique et théorie des quanta », par G. JUVET	570
	Compte rendu de l'ouvrage « Mémorial des sciences mathématiques (fascicule VIII) : Introduction à la gravifique einsteinienne », par Th. de DONDER	571
	Compte rendu de l'ouvrage : « Étude sur les messageries et les postes, d'après les documents métalliques et imprimés », par Ch. FLORANGE	731
	Compte rendu de l'ouvrage : « Mathématiques générales », par WOODS et BAILEY	737
	Notice bibliographique sur la revue française « Le Génie civil »	743
	Compte rendu de l'ouvrage *Notions de technologie*, par Ch. SUCHET	915
	La technique de l'aviation	1027
	Heures libres	1082
PONS	Sur l'emploi des mesures de capacité pour rechercher et localiser les ruptures de circuits	266
REYBAUD	Mesure absolue du temps de fonctionnement des relais, au moyen du galvanomètre balistique	270
REYNAUD-BONIN	L'emploi des balances dans les bureaux de poste (balances à lecture directe)	1
	Notice bibliographique sur « La téléphonie automatique », par H. MILON	741
	Courbes de décharge de quelques éléments de pile à dépolarisation par l'air	1014
SAUNIER	Albert Cim	1086
SCHELLENG	Propagation des ondes électriques à la surface de la terre	140
SINDOU	Les machines automatiques de comptabilité et de statistique	837
SUCHET	Note sur les relais à action différée	77
TAYLOR	Recherches sur les transmissions sur les plus hautes fréquences de la T.S.F	872
THOMAS	Léon Thévenin	1090
VAULOT	Note sur la « Démonstration de la loi de Maxwell, proposition fondamentale de la théorie des gaz », par A.K. ERLANG	354
VOISENAT	Localisation des ruptures dans les fils télégraphiques	777

Le Gérant, LÉON EYROLLES.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS, MCMXXVI.

Digitized by Google

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES

(L.T.T.)

Société Anonyme au Capital de 25.000.000 francs

R.C. Versailles — 14.148

Siège Social et Usines : CONFLANS-SAINTE-HONORINE (S.-et-O.)

Services Techniques : 4, rue d'Aguesseau, PARIS

ÉTUDE, INSTALLATION et ENTRETIEN

DE

Lignes télégraphiques et téléphoniques aériennes

ÉTUDE, FABRICATION, INSTALLATION, ENTRETIEN

DE

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES & TÉLÉPHONIQUES A GRANDE DISTANCE

CABLES A PAIRES COMBINABLES
CABLES KRARUPISES
CABLES SOUS PLOMB & CABLES ARMÉS
CABLES SOUS-MARINS

Bobines Pupin — Matériel de stations de relais
Pose de câbles aériens, souterrains et en conduites
Entretien de câbles installés

INSTALLATIONS SPÉCIALES DE CABLES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES POUR CHEMINS DE FER

L.T.T.

DISPOSITIFS CONTRE L'ÉLECTROLYSE ET LES INTERFÉRENCES DE LIGNES D'ÉNERGIE

Digitized by Google

COMPAGNIE GÉNÉRALE de TÉLÉGRAPHIE et de TÉLÉPHONIE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE QUATRE MILLIONS DE FRANCS
(Registre du Commerce, Seine N° 78.951)

Siège Social et Usines, 23, rue des Usines, PARIS (XVe)

Téléph. : Ségur 09.91 — Ség. 78-53 — Ség. 55-37—Inval. 15-47

Fournisseur des Ministères des Postes et Télégraphes, de la Guerre, de la Marine, des Colonies et de divers Gouvernements étrangers.

TELÉPHONIE AUTOMATIQUE A RELAIS

Pour Réseaux Publics et Privés

MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE
Pour tous usages.

APPAREILS D'INTERCOMMUNICATION MIXTE
Système Breveté S.G.D.G. Assurant le Secret des Conversations

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES
Système Baudot, Hugues, etc.
Pièces détachées T. S. F.
Transformateurs. Casques, Condensateurs, Haut-parleurs

La Grande Marque Française

CEMA

KNOLL ET MARIÉ, 236, Avenue d'Argenteuil, ASNIÈRES (Seine)

Fournisseurs { du Ministère de la Guerre
du Ministère de la Marine
des Services de l'Aéronautique

Recommande vivement aux amateurs ses spécialités de renommée mondiale et se met à leur disposition pour leur donner tous renseignements utiles concernant ses :

POSTES RÉCEPTEURS
HAUT-PARLEURS
REDRESSEURS DE COURANT
CONDENSATEURS VARIABLES
TRANSFORMATEURS BF, MF, HF.
CASQUES ET ÉCOUTEURS
LAMPES A FAIBLE CONSOMMATION
DIFFUSEURS (NOUVEAU MODÈLE)

Digitized by Google

1926

le triomphe du Superhétérodyne

65

firmes de T.S.F. construisent des Superhétérodynes d'après les brevets L.LÉVY avec licence

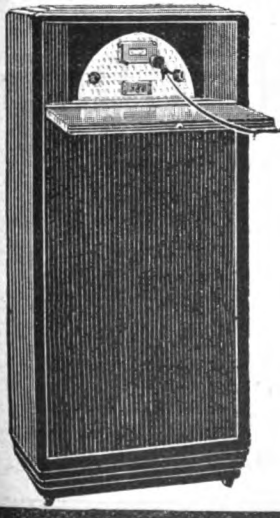
RADIO - L.L.

LE SYNCHRODYNE

superhétérodyne à automatisme intégral

(BREVETS L.LÉVY)

la nouveauté la plus marquante du salon 1926



Rien qu'un bouton à tourner pour obtenir instantanément tous les Radio-concerts de l'Europe

Ets RADIO.L.L.
66, rue de l'Université
PARIS

NOTICE FRANCO

Catalogue général 5 francs

Digitized by Google

PILES LE CARBONE
BALAIS LE CARBONE

Élément AD
Modèle 240

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILE AD

(Brevetée dans tous les pays)

à dépolarisation catalytique
pour toutes applications
PILES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

Société anonyme au capital de 2.800.000 frs.
37 à 41, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
Téléph. : **Wagram 11-98 et 63-61.** — Adresse télégr. "**CARBOLAC-GENNEVILLIERS**".

Association des Ouvriers en Instruments de précision

SOCIÉTÉ ANONYME A CAPITAL VARIABLE
8 à 14, rue Charles-Fourier. PARIS (13e)
Registre du Commerce : Seine, n° 31.707.

MATERIEL TELEPHONIQUE

Postes téléphoniques

Tableaux et appareillage pour réseaux à batterie locale et centrale

A.O.P.

Machines à percer électriques

Tour de précision A. O. P.

Taraudeuse rapide "Perciv"

Téléphone : GOBELINS 17-99, 18-80, 40-56 — *Adresse télégraphique :* **ASSOPRÉCI**

NOTICES ET DEVIS SUR DEMANDE

Digitized by Google

PIÈCES MOULÉES
POUR
TELEGRAPHIE
TELEPHONIE

Gummite, Cégéites
Roburines, Infusite
Termite, Ébonite
Gallia-Rubber
Lactolithe, Stabilite

Digitized by Google

FORGES & ATELIERS
DE
CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES
DE
JEUMONT

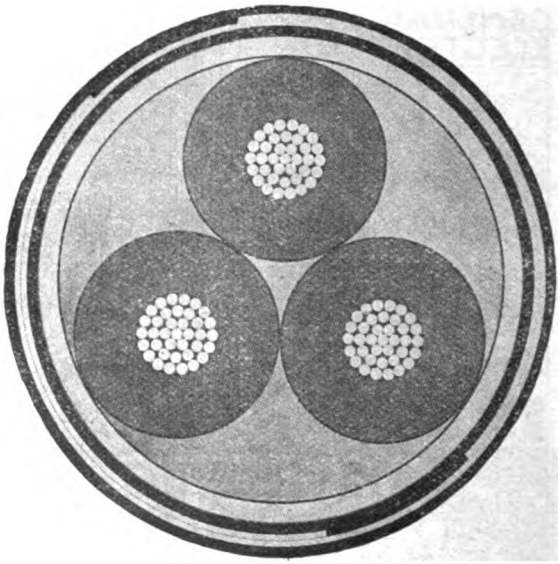
Société Anonyme au Capital de 80 Millions de Francs

SIÈGE SOCIAL : 75, *Boulevard Haussmann, PARIS* (8e) R. C. Seine n° 167.217

Télégrammes : ÉLECTRICITÉ JEUMONT-NORD

DIRECTION GÉNÉRALE
à JEUMONT (Nord)

Téléphone : JEUMONT 13.36 et 66



Câble isolé au papier imprégné, sous plomb et armé 60.000v pouvant transporter 25.000 Kw. — cos $\varphi = 0{,}8$

CABLES SOUTERRAINS POUR TOUTES TENSIONS

Fils et câbles isolés en caoutchouc

Câbles téléphoniques et télégraphiques compacts et à circulation d'air.

CUIVRE NU. — ACCESSOIRES DE CANALISATIONS.

Digitized by Google

Société des Téléphones ERICSSON

Capital : 9.000.000 de Francs

Usines et Bureaux : **Boulevard d'Achères**

A COLOMBES (SEINE)

Téléph. { WAGRAM 93.58 / WAGRAM 93.68 — R. C. Seine N° 121.472 — *Télégr.* { ERICSSON-COLOMBES

TOUT MATÉRIEL TÉLÉPHONIQUE

Batterie locale — Batterie centrale.

Tableaux commutateurs à clés. | **Standards mixtes à fiches universelles.**

CENTRAUX AUTOMATIQUES DE TOUTES CAPACITÉS A PARTIR DE 24 POSTES

Postes spéciaux pour mines — chemins de fer — etc...

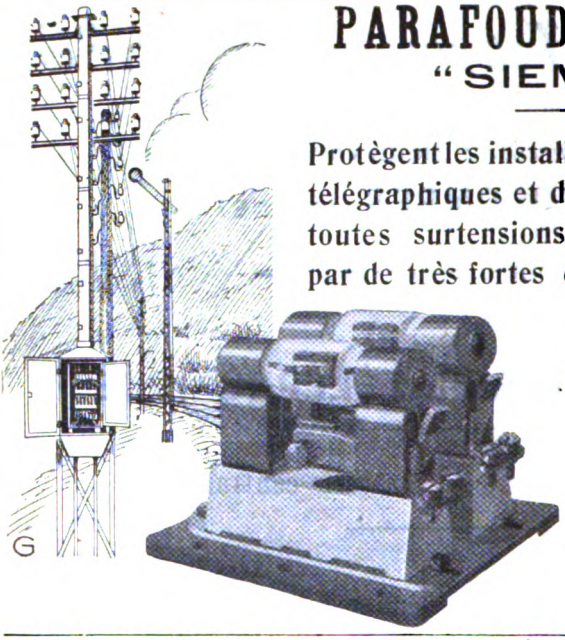
Installations complètes de multiples manuels ou automatiques pour réseaux de l'État.

Les Téléphones Ericsson ont été classés **premiers** au Concours de 1912 de l'Administration des P.T.T.

CASQUES, ECOUTEURS ET HAUT-PARLEUR DE T.S.F.

Le casque Ericsson **a été classé *premier***
au Concours de 1922 de l'Administration des P.T.T.
et aux Expositions de T.S.F. de 1922 et 1923.

Digitized by Google



PARAFOUDRES A VIDE
"SIEMENS"

Protègent les installations téléphoniques, télégraphiques et de signalisation contre toutes surtensions dangereuses. Même par de très fortes décharges, ces parafoudres empêchent une mise à la terre trop prolongée.

ÉTABLISSEMENTS
J. DESMARETZ
174, rue du Temple
PARIS (IIIe)
Tél. Archives : 41-41

DEMANDEZ NOTICE DÉTAILLÉE

SOCIÉTÉ ANONYME
d'Escaut & Meuse
CAPITAL 20.000.000 FR. — *Siège Social :* 77, rue de Miromesnil. PARIS
Usines à ANZIN (Nord)

TUBES CARRÉS
pour installations de lignes électriques
POTEAUX TUBULAIRES — POTEAUX LÉGERS POUR LES COLONIES

Agence générale pour la France et les Colonies
Ateliers Ed. Bernard
27, rue du Gros-Murger — Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise)
Téléphone : MAISONS-LAFFITTE 0.92
DÉPOT DE TUBES CARRES & ATELIER DE PARACHÈVEMENT
Matériel et Ferrures pour lignes électriques

Reg. Com. N° 81.339 Seine et N° 8.413 Versailles

Digitized by Google

les meilleurs

TÉLÉPHONES

Installations de tous genres
et de toutes capacités
Installation - Entretien

T. S. F.

Postes de réception
Organes détachés . accessoires

Redresseurs de courant
"TUNGAR"

Notices, tarifs et renseignements,
franco sur demande.

COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES
THOMSON-HOUSTON
Société Anonyme - Capital 60 millions de francs
254-256, RUE DE VAUGIRARD, PARIS-15e
Télégrammes : Elihumicro - Paris *Téléphone : Ségur 88-50 à 88-55*
R.C. Seine. 219.528.B

Digitized by Google

PLUS D'ANTENNE

UNE SEULE MANŒUVRE

avec le

SFER 20

PLUS D'ACCUMULATEURS A RECHARGER

PLUS DE PILES A REMPLACER

avec le

RECTISFER

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE A

RADIOLA

79, Boul[d] HAUSSMANN, PARIS

Digitized by Google

L'ACCUMULATEUR

TUDOR

Manufacture d'accumulateurs de la Cie Gle d'Electricité

16, Rue de la Baume, PARIS (8e) — *Tél.* : ÉLYSÉES 28-61 et 62

Registre du Commerce de la Seine. N° Analytique 21.516

Batteries pour

TOUTES APPLICATIONS

ETABTS GAIFFE-GALLOT ET PILON

Société Anonyme au Capital de 8.000.000 de Frs

23, Rue Casimir-Périer, PARIS (VIIe)

Téléph.: Fleurus 26-57 et 26-58. Registre du Commerce Seine n° 70.761

Succursales à { BORDEAUX, 67, cours de Verdun
LILLE, 8, rue Caumartin
LYON, 62, rue Victor-Hugo

PILE FERY à dépolarisation par l'air

pour

Sonneries, Télégraphes, Téléphones, Pendules électriques, Signaux, etc.

AMATEURS DE T.S.F. VOICI DES CHIFFRES :

Durée indéfinie par remplacement du zinc et du sel

DUREE D'UNE CHARGE DE ZINC ET DE SEL :

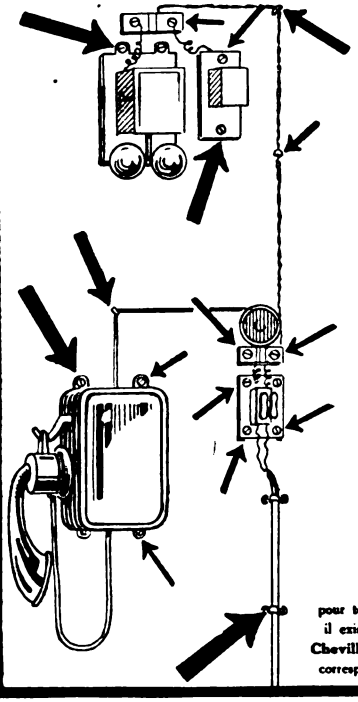
Tension plaque 4 lampes (Batterie 00/S) 750 heures

Tension plaque 6 lampes (Batterie 0/S) 1.500 heures

Chauffage direct (Pile Super 3) 1.000 heures

Batterie 00/S

Digitized by Google



pour toute vis
il existe une
Cheville Rawl
correspondante

Fixation parfaite du matériel électrique
avec vos vis à bois habituelles
dans plâtre, brique (pleine ou creuse)
ciment. pierre. marbre. faïence. etc
avec la

CHEVILLE RAWL

Economie de temps - Propreté
rapidité et simplicité de pose

CHEVILLE RAWL, 35, rue Boissy-d'Anglas,
PARIS
et chez tous les Quincailliers.

AMATEURS ! ...

Télégraphie
Téléphonie **S**ans **F**il

Tout pour les *amateurs*
et rien que pour les *amateurs*

.....

Postes complets — Pièces détachées

.....

Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville

Le rayon d'électricité le meilleur marché

RUE DE RIVOLI, PARIS

Seine 94.794.

Digitized by Google

SOCIETE ANONYME
AU CAPITAL DE
10.000.000 DE FR.

GARDY

ARGENTEUIL (S.-&-O.)
R.C. VERSAILLES 6.457

TÊTES DE CABLE

en matière isolante moulée « GARDITE » pour points de raccordement, entrées de postes, répartiteurs, etc.

Le bloc en matière isolante « GARDITE » moulée à chaud et sous pression sur le peigne formé à l'extrémité d'un câble sous plomb constitue une tête de câble à bornes extérieures assurant l'isolement parfait des conducteurs entre eux.

La Société Française Gardy construit dans ses ateliers tous les modèles de coupe-circuits, parafoudres, isolateurs de raccordement, boîtes de coupure, têtes de câble, répartiteurs pour l'équipement des lignes télégraphiques et téléphoniques.

Marque **Déposée.**

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ÉLECTRO-CABLE

Société anonyme au capital de 20.000.000 de francs.

2, rue de Penthièvre. PARIS

R. C. Seine 88.050

CABLES ARMÉS
Toutes Sections — Toutes Tensions

CABLES TÉLÉPHONIQUES
de Tous Systèmes

TOUS
CONDUCTEURS
NUS OU ISOLÉS
POUR L'ÉLECTRICITÉ

MARQUE DÉPOSÉE

Anciens Services Électriques BAGUÈS Frères et BISSON-BERGÈS

L'ELECTRO ENTREPRISE

CAPITAL : 10.000.000 DE FRANCS

43, rue de la Bienfaisance, PARIS (VIIIe)

Registre du Commerce : Seine N° 85.639

TÉLÉPHONE : LABORDE 03.56, 03.57, 03.58 et 03.59

ENTREPRISE GÉNÉRALE DE TÉLÉPHONIE
Manuelle et Automatique

STANDARDS, MULTIPLES, BATTERIE CENTRALE

FOURNISSEUR AUTORISÉ
DE L'ADMINISTRATION DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

Transport de Force, Lumière, Sonneries

Digitized by Google

Téléphone : **CENTRAL** 35.56 / 56.82

COMPAGNIE FRANÇAISE des

Adresse Télégraphique : **CABLES-PARIS**

Registre du Commerce, n° 39.312 — Seine.

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES

Société Anonyme au Capital de **24.000.000** *de Francs.*

Siège Social 53, rue Vivienne et 15, boulv. Montmartre. **PARIS**

La seule Compagnie Française de Câbles desservant New-York.

RAPIDIT *Via* ***P. Q.*** **EXACTITUDE**

Trois Câbles Transatlantiques directs entre Brest et New-York ne touchant pas l'Angleterre.

Ces 3 Câbles sont prolongés jusqu'à Paris par 3 lignes télégraphiques desservies par des appareils à grand rendement.

La Compagnie possède à PARIS, rue Vivienne, 53 (angle du boulevard Montmartre) **un Bureau spécial** où le public peut déposer pour l'Amérique des câblogrammes qui sont **transmis de ce Bureau** à New-York, dans des délais extrêmement courts ;

Bureau particulier au Havre P. Q.

Lignes directes vers Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nantes, etc...

Service vers les ***États-Unis****, le* ***Canada****, les* ***Amériques Centrale et du Sud.***
Service indépendant pour ***Haïti****,* ***Cuba****,* ***St-Domingue****,* ***Porto-Rico****,* ***les Antilles Françaises****,* ***Curaçao****,* ***Vénézuela****,* ***Guyanes Française et Hollandaise.***

" P. Q. " TÉLÉGRAMMES TÉLÉPHONÉS " P. Q. "
(Réseau de Paris seulement)

Par le Reseau Général : Le service des Câblogrammes téléphonés **P. Q.** permet au public d'obtenir sans se déplacer la même rapidité d'acheminement que si les câblogrammes étaient déposés au Bureau spécial **P. Q.**, 53, rue Vivienne. Il donne de même la facilité d'avoir communication des câblogrammes reçus d'Amérique dès leur arrivée au Bureau de la Compagnie (*Demander la notice spéciale*).

Lignes privées

Des lignes privées directes pour l'échange des câblogrammes peuvent être établies entre le bureau de la Compagnie et les maisons qui le désirent.
(Pour tous renseignements s'adresser au Service Commercial de la Compagnie).

Par la Via P. Q. peuvent être échangées toutes les catégories de câblogrammes.

Inscrivez sur vos dépêches la mention Via P. Q. (non taxée)

Digitized by Google

Apprenez à

PARLER L'ANGLAIS, L'ESPAGNOL

PAR LA CORRESPONDANCE

rapidement, aisément, à peu de frais par la **Méthode**

"BERLITZ CHEZ SOI"

(B. C. S.)

APPLICATION RATIONNELLE DE LA MÉTHODE BERLITZ
A L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES PAR LA CORRESPONDANCE

Depuis 45 ans, les **Ecoles Berlitz**, répandues dans le monde entier, se sont spécialisées dans l'*Enseignement des Langues vivantes* et y ont acquis une expérience incomparable. — La Direction des Écoles Berlitz a voulu faire bénéficier de cette expérience tous ceux qui désirent apprendre pratiquement les Langues et ne peuvent fréquenter une Ecole Berlitz. Elle a créé la méthode **Berlitz chez soi** dont le succès a été tout de suite très grand parce qu'elle donne des résultats pratiques étonnamment rapides.

Les cours de Langues par T.S.F. donnés au Studio de l'Ecole Supérieure des P.T.T. sont faits par les Professeurs de l'Ecole Berlitz : Anglais (*cours élémentaire, de perfectionnement, supérieur*) *tous les mardis de 20 à 21 heures* — Espagnol (*cours élémentaire*) *tous les vendredis de 20 à 21 heures.*
Pour tous renseignements s'adresser au Directeur de l'École Berlitz à Paris, 31, boulevard des Italiens.

Demandez la notice B. C. S. et T.S.F. franco

à L'ÉCOLE BERLITZ

31, Boulevard des Italiens. PARIS.

LEÇONS à L'ÉCOLE, à DOMICILE, par CORRESPONDANCE, par T.S.F.

Bureau de Traductions, Spécialité : Traductions techniques en toutes langues
R. C. Seine, 64.322.

Digitized by Google

GRAMMONT

Central 19-43, 21-85 — *Gutemberg* 00-54

Services Administratifs ; 10, rue d'Uzès, PARIS

Pour l'alimentation

pure et puissante

de vos hauts parleurs

Amateurs !

utilisez les nouvelles

TRIODES FOTOS

de moyenne puissance

TYPES BFO ET BFI

vous serez ravis

Digitized by Google

Société Alsacienne
de Constructions Mécaniques

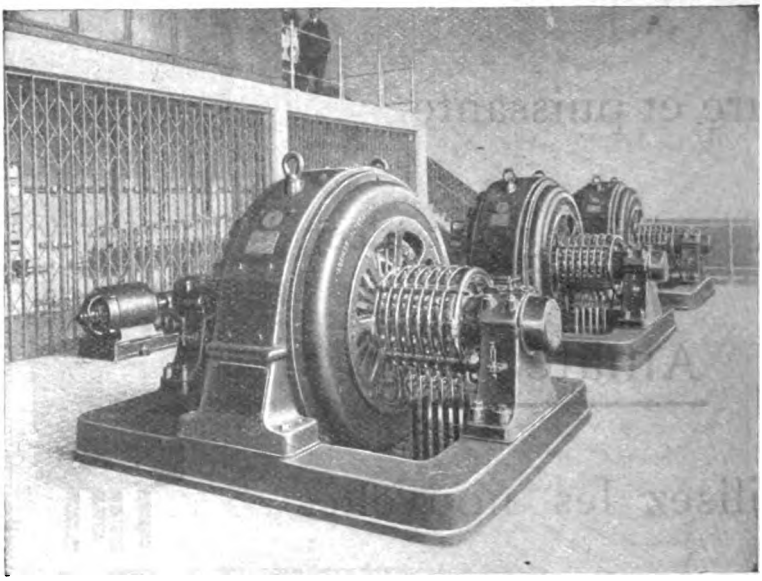
Usines à : BELFORT (Tre de), MULHOUSE (Ht-Rhin), GRAFFENSTADEN (B.-Rhin)

Maison à PARIS, 32, rue de Lisbonne (8e)

Agences à

BORDEAUX. 9, cours du Chapeau Rouge.
ÉPINAL.... 12, rue de la Préfecture. 19, rue de la Gare (Textile).
LILLE... 61, rue de Tournai. 16, rue Faidherbe (Textile).
LYON.....13, rue Grôlée.

MARSEILLE..40, rue Sainte.
NANCY.....21, rue St-Dizier.
NANTES....7, rue Racine.
ROUEN.....7, rue de Fontenelle.
TOULOUSE..21, rue Lafayette.



Sous-station avec commutatrices de 800 kW, 470 volts, 50 périodes.

ELECTRICITÉ

Dynamos. Alternateurs. Groupes électrogènes. Transformateurs. Convertisseurs. Commutatrices. Redresseurs à vapeur de mercure. Moteurs électriques pour toutes applications. Commandes électriques pour laminoirs. Machines d'extraction électriques. Traction électrique. Fils et câbles isolés.

INSTALLATION COMPLÈTE DE STATIONS CENTRALES ET DE SOUS-STATIONS

MÉCANIQUE

Chaudières. Machines et turbines à vapeur. Moteurs à gaz et installations d'épuration des gaz. Turbo-compresseurs Machines et turbo-soufflantes Locomotives à vapeur. Matériel de signalisation pour chemins de fer. Machines-outils pour le travail des métaux. Petit outillage. Grues électriques. Crics et Vérins UG. Bascules. Transmissions. Machines et appareils pour l'industrie chimique.

MACHINES POUR L'INDUSTRIE TEXTILE

Machines pour la préparation et le peignage de la laine et la filature de la laine peignée. Machines pour la préparation et la filature du coton. Machines de tissage pour le coton, la laine et la soie. Machines pour la soie artificielle. Machines pour l'Impression, la Teinture, l'Apprêt, le Blanchiment et le Finissage des tissus.

INSTALLATION COMPLÈTE D'USINES POUR L'INDUSTRIE TEXTILE

Digitized by Google

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES

TÉLÉPHONES

Constructions électriques, Caoutchouc, Câbles

CAPITAL : 36.000.000 DE FRANCS

25, Rue du Quatre-Septembre — PARIS (2e)

APPAREILS TÉLÉPHONIQUES

POUR TOUTES INSTALLATIONS PUBLIQUES OU PRIVÉES

POSTES D'INTERCOMMUNICATION DIRECTE

Postes d'Écoute, de Coupure, de Filtrage — Postes de Change

STANDARDS - MULTIPLES

TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

RELAIS et AMPLIFICATEURS A LAMPES

POSTES SPÉCIAUX *pour Chemins de fer, Mines, Lignes voisines d'un transport d'énergie à haute tension, etc.*

POSTES A SÉLECTEURS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

MATÉRIEL TÉLÉGRAPHIQUE

UNIS. "S.I.T." FRANCE

Câbles téléphoniques, Fils, cordons, etc.

PRINCIPAUX MULTIPLES CONSTRUITS PAR LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES :

Marcadet (Paris), Amiens, Lille, Toulouse, Boulogne-sur-Seine, Montreuil-sous-Bois, Saint-Germain-en-Laye, Perpignan, Alger, Oran, Madrid, Barcelone, Bilbao, Manresa, Victoria, La Paz, etc.
Automultiples de Sainte-Adresse, Vichy, Rennes (en montage)

Digitized by Google

ANCIENS ÉTS PARVILLÉE FRÈRES & CIE

Société Anonyme au Capital de 6.000.000 de francs

SIÈGE SOCIAL : 56, Rue de la Victoire. — PARIS (IXe)

Téléphone : TRUDAINE 29-74 — Adr. Télégr. : CÉRAMIQUE-PARIS (R.C. 51.755 Seine)

ISOLATEURS & FERRURES

TYPES DE L'ADMINISTRATION DES P. T. T.

Modèles courants toujours en stock.

GALVANISATION et NICKELAGE

Chauvin & Arnoux

186-188, rue Championnet. Paris (XVIIIe)

Elecmesur - R.C. Paris 64.369 - Tél. Marcadet 05-52

TOUS APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

Tableau — Contrôle — Laboratoire

Voltmètre — Ampèremètre — Wattmètre — Phasemètre — Fréquencemètre — Synchroniscope — Milliampèremètre — Millivoltmètre — Electromètre — Ohmmètres divers — Microhmmètre — Mégohmmètre — Relais de précision — Relais sensible — Relais divers — Enregistreurs divers — Enregistreur extra sensible — Enregistreur photographique — Appareil étalon — Potentiomètre — Boîte de résistance — Ponts de Wheatstone — Thomson — Sauty — Anderson — Ponts pour l'étalonnage rapide des Self — Résistance — Capacité — Pyromètre (pour toutes températures) — Potentiomètre pour la mesure de la concentration en Ions hydrogène — Appareils de mesure médicaux — Appareils pour automobile et aviation — Appareils de mesure pour télégraphie sans fil — Appareils de mesure pour haute fréquence, etc...

Demander la feuille générale

ANNALES DE LA T. S. F.

10 fascicules par an

France et Colonies ..... 25 francs | Etranger ..... 30 francs

Réduction de 20 % aux Abonnés aux Annales des P.T.T. et à tout le personnel des P.T.T.

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

3, RUE THÉNARD, PARIS

Digitized by Google

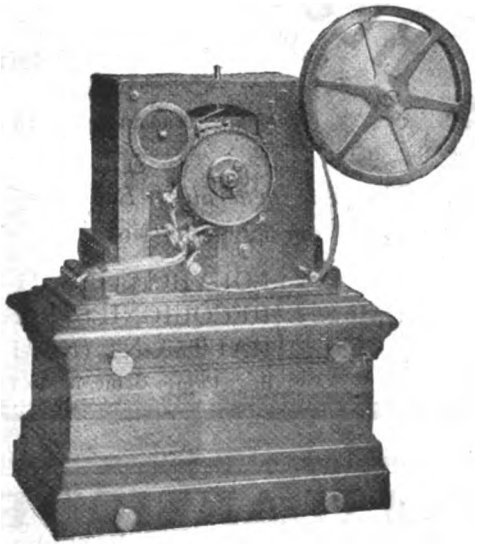
ateliers J. Carpentier

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE SIX MILLIONS DE FRANCS

— SIÈGE SOCIAL —
20, RUE DELAMBRE, 20
— PARIS XIVe —

TÉLÉPH. : SÉGUR 05-65
ADR. TÉLÉGRAPHIQUE
RUHMKORFF-PARIS

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES Système BAUDOT



Traducteur Baudot.

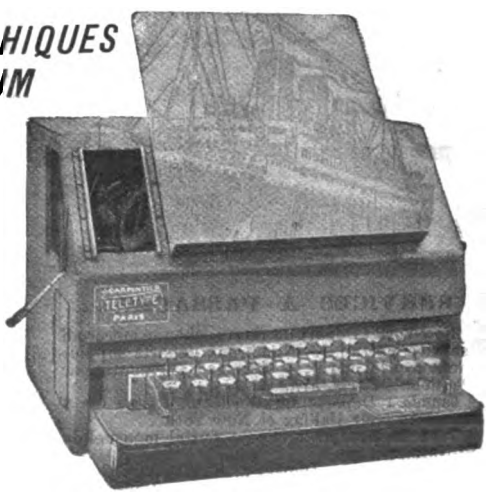
Imaginé par un Ingénieur français, E. Baudot, étudié dès 1879 et réalisé de toutes pièces sous sa forme définitive par un constructeur français, J. Carpentier, remarquablement mis en œuvre par le personnel des Télégraphes français, le système Baudot n'a cessé de recevoir, depuis son entrée en ligne, les plus utiles perfectionnements.

Desservant presque exclusivement le réseau national il a conquis une bonne part des réseaux européens et achève de se répandre dans le monde entier.

Il répond aux besoins les plus variés et se prête aux combinaisons les plus complexes : Postes doubles, quadruples, sextuples, montage en duplex, translation, retransmission, transmission automatique par bandes perforées avec manipulation par clavier alphabétique.

APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES Système MORKRUM

Ces appareils sont dérivés du système Baudot : certains d'entre eux présentent pour les transmissions automatiques des dispositifs très perfectionnés ; d'autres se prêtent à des applications variées : le **TÉLÉTYPE** par exemple est une véritable machine à écrire à distance, s'adaptant aux besoins de correspondance rapide du commerce, de l'industrie, des administrations et des particuliers.



Télétype.

APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS ET DE PRÉCISION
APPAREILS D'OPTIQUE, APPAREILS DE GÉODÉSIE, MÉCANIQUE GÉNÉRALE

R.C. Seine n° 207.238 B

Digitized by Google

POTEAUX & POTELETS en TUBES CARRÉS

LOUVROIL & RECQUIGNIES

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 24.000.000 DE FRANCS

Siège social
60, rue de la Victoire
PARIS
Téléph. : **Trudaine 16.19-19.65**

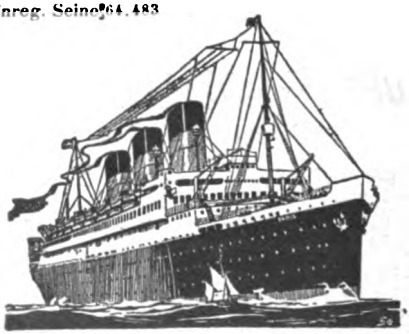
Direction générale à Recquignies
par **Marpent (Nord)**

Usines à LOUVROIL (Nord)
RECQUIGNIES (Nord)
HAUTMONT (Nord)

Reg. Com. : Seine, n° 70.764

C^IE G^LE TRANSATLANTIQUE

Enreg. Seine 64.483



SERVICES A PASSAGERS :

New-York : Départ du Havre, chaque mercredi (service postal). — Nombreux départs supplémentaires le mardi. — Escales à Plymouth par Paquebots *Paris*, *France*.

Canada : Départs de Bordeaux toutes les 2 semaines pour Halifax et New York.

Cuba Le Mexique : Départ postal mensuel de St-Nazaire.

Cuba-Houston : Départ mensuel sur Cuba et Houston (Texas) *via* les Canaries et les ports espagnols.

Les Antilles — Le Venezuela — La Colombie — Panama — Le Pacifique : Départs réguliers du Havre, de Plymouth et de Bordeaux ou de Saint-Nazaire alternativement tous les quatorze jours.

Haïti : Dép. mensuels du Havre et de Bordeaux.

Maroc : Départs réguliers tri-mensuels de Bordeaux et de Casablanca.

Algérie-Tunisie : Nombreux départs de Marseille pour : Alger, Oran, Tunis, Bizerte, Philippeville et Bône. Départs supplémentaires pendant l'été.

SERVICES COMMERCIAUX :

États-Unis : Départs du Havre et de Bordeaux pour Boston, Baltimore, Philadelphie, Nouvelle-Orléans, Galveston, etc...

Le Mexique : Départs d'Anvers, du Havre et de Bordeaux pour La Havane, Vera Cruz-Tampico.

Les Antilles françaises et La Guyane : Départs du Havre, de Nantes et de Bordeaux.

Nord et Sud-Pacifique : Départs bi-mensuels d'Anvers, du Havre et de Bordeaux desservant les côtes du Pacifique, de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud.

Le Maroc : Départs de Rouen, du Havre, de Brest, de Nantes et de Bordeaux.

L'Algérie et la Tunisie : Départs d'Anvers, Dunkerque, Rouen, Brest, Nantes et Bordeaux.

Londres et Liverpool : Départs fréquents de Nantes et de Bordeaux.

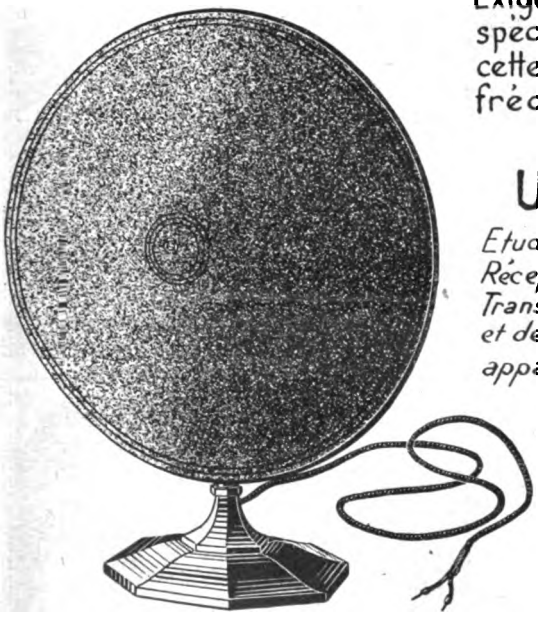
Pour tous renseignements, s'adres. : **6, rue Auber, Paris,** *à la* **Cie G^le TRANSATLANTIQUE** *ou à ses Agences dans les différents ports français ou étrangers.*

Digitized by Google

Un haut-parleur scientifiquement établi

le BICONE *Western Electric*

reproduit toutes les fréquences de :
50 à 6000 périodes par secondes



Exige un amplificateur spécialement établi pour cette gamme étendue de fréquences.

Utilisations :

Etudes scientifiques.
Réception radio.
Transmission de discours et de musique avec les appareillages **PUBLIC ADDRESS**

Demandez-nous des notices explicatives en vous recommandant **des Annales des P.T.T**

"Le Matériel Téléphonique"

Société Anonyme au Capital de 5.000.000 de Francs
46 AVENUE DE BRETEUIL PARIS (VIIe)
(Ancienne Maison ABOILARD et Cie)

Téléph^e^. Ségur 90-00 (6 lignes) Telegr. Microphone - Paris

REPRÉSENTANT EXCLUSIF POUR LA FRANCE ET LES COLONIES DE LA
International Standard Electric Corporation
Western Electric

Digitized by Google

LA NOUVELLE
LAMPE TSF.

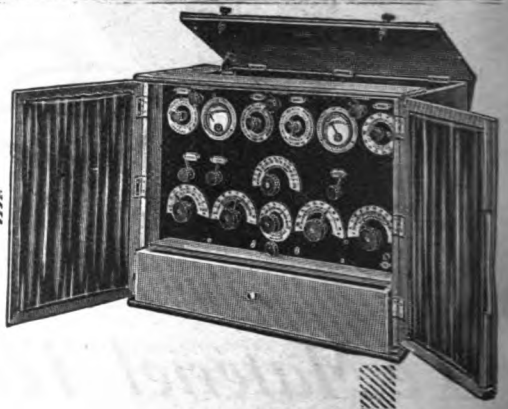
MAZRADIA
Peut s'employer avec des piles sèches

LA
MAZDA.

½ Watt
Est Française

COMPAGNIE DES LAMPES.
41. Rue La Boëtie

Sté des Établ^ts DUCRETET
75, RUE CLAUDE-BERNARD
PARIS



AVEC LE
RADIOMODULATEUR
VOUS RECEVREZ SUR
CADRE DE 0^m60
EN HAUT PARLEUR
TOUS LES CONCERTS
EUROPEENS

LE RADIOMODULATEUR DUCRETET
EST L'APPAREIL
LE PLUS SENSIBLE DU MONDE

Notice P. G Franco

Digitized by Google

ACCUMULATEURS DININ

pour T. S. F. — STANDARDS TÉLÉPHONIQUES
& TOUTES APPLICATIONS

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

(ANCIENS ÉTABLISSEMENTS ALFRED **DININ**)

R. C. Paris 107.079.

Société Anonyme au Capital de 10.000.000 de francs

18, rue de Cherbourg, **NANTERRE** (Seine)

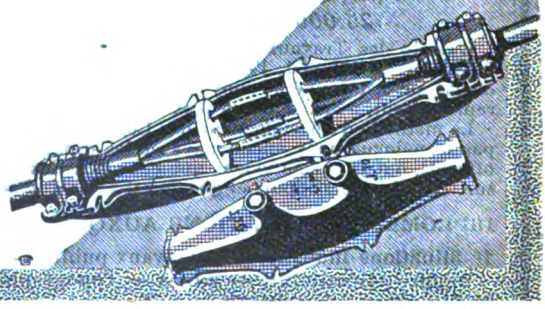
Maison de vente à PARIS : **49, rue Saint-Ferdinand (XVIIe)**

LES

CABLES DE LYON

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES ELECTRIQUES
DE LA COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITE S. A^t^ CAP 90 MILLIONS
SIEGE SOCIAL 54, RUE LA BOETIE, PARIS
DIRECTION ET BUREAUX A LYON
418-420, AVENUE JEAN-JAURÈS
USINES : 41, RUE DU PRÉ GAUDRY, 41
SUCCURSALE A PARIS :
26, RUE GODOT DE MAUROY, 26 — CENTRAL 22-17 ET 67-38
AINSI QUE DANS LES PRINCIPALES VILLES DE FRANCE

Tous fils et câbles électriques isolés
Accessoires pour réseaux souterrains



SOCIÉTÉ ANONYME

DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN

Capital : 5.500.000 francs

Siège social et Usine à VALENCIENNES (Nord)

Maison à Paris : 16 bis à 24, Passage d'Angoulême

Tubes soudés par rapprochement pour gaz, eau, vapeur
Tubes soudés par recouvrement pour canalisations de gaz, eau, vapeur, air comprimé, etc., et pour chaudières
Tubes sans soudure pour tous usages

Adresser la correspondance à Valenciennes

Téléphone : 117 VALENCIENNES — R.C. Valenciennes 499

Digitized by Google

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS
DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE

Léon EYROLLES, C. ✱, ❶ I., Ingénieur-Directeur

12, rue Du Sommerard et 3, rue Thénard PARIS (V^e^) | Polygone et École d'Application ARCUEIL-CACHAN, près Paris

1° ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE

Reconnue par l'État, avec diplômes officiels d'Ingénieurs

1.000 Élèves par an — 110 Professeurs

QUATRE SPÉCIALITÉS DISTINCTES :

1° École supérieure des Travaux publics
Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics

2° École supérieure du Bâtiment
Diplôme d'Ingénieur Architecte

3° École supérieure de Mécanique et d'Électricité
Diplôme d'Ingénieur Électricien

4° École supérieure de Topographie
Diplôme d'Ingénieur Géomètre

SECTION ADMINISTRATIVE :
Pour la préparation aux grandes administrations techniques
(*Ingénieurs des Travaux publics de l'État, de la Ville de Paris, etc.*).

2° "L'ÉCOLE CHEZ SOI"
(ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE)

25.000 Élèves par an — 213 Professeurs spécialistes

L'École des Travaux publics a créé en 1891, il y a trente-cinq ans, sous le nom d'ECOLE CHEZ SOI, l'*Enseignement par Correspondance* pour ingénieurs et techniciens, qui est donné au moyen de Cours imprimés ayant une réputation mondiale et représentant, à eux seuls, le prix de l'enseignement.

La méthode d'Enseignement par Correspondance, l'ÉCOLE CHEZ SOI, n'a, d'ailleurs, pas d'analogue dans aucun pays et les diplômes d'Ingénieurs délivrés, bien que non officiels, ont la même valeur que ceux obtenus par l'ECOLE DE PLEIN EXERCICE, sur laquelle elle s'appuie et qu'elle est seule à posséder.

DIPLOMES ET SITUATIONS AUXQUELS CONDUIT L'ENSEIGNEMENT

1° Situations industrielles : Travaux publics — Bâtiment — Électricité — Mécanique — Métallurgie — Mines — Topographie.

2° Situations administratives : Ponts et Chaussées et Mines — Postes et Télégraphes — Services vicinaux — Services municipaux — Génie rural — Inspection du Travail — Travaux Publics des Colonies — Compagnies de chemins de fer, etc.

Préparation spéciale : A L'ECOLE SUPÉRIEURE DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES, section des *Rédacteurs Élèves*.

AU CONCOURS POUR L'EMPLOI de *Rédacteurs* dans les services extérieurs des Postes, Télégraphes, Téléphones.

AU CONCOURS POUR L'EMPLOI d'*Agents Mécaniciens* des Télégraphes et des Téléphones.

L'École publie les cours professés à l'*Ecole supérieure* des Postes et des Télégraphes.

Envoi gratuit de : Notices, Catalogues et Programmes sur demande adressée à

ÉCOLE DES TRAVAUX PUBLICS
12 et 12bis, rue Du Sommerard, Paris (5e)

Digitized by Google

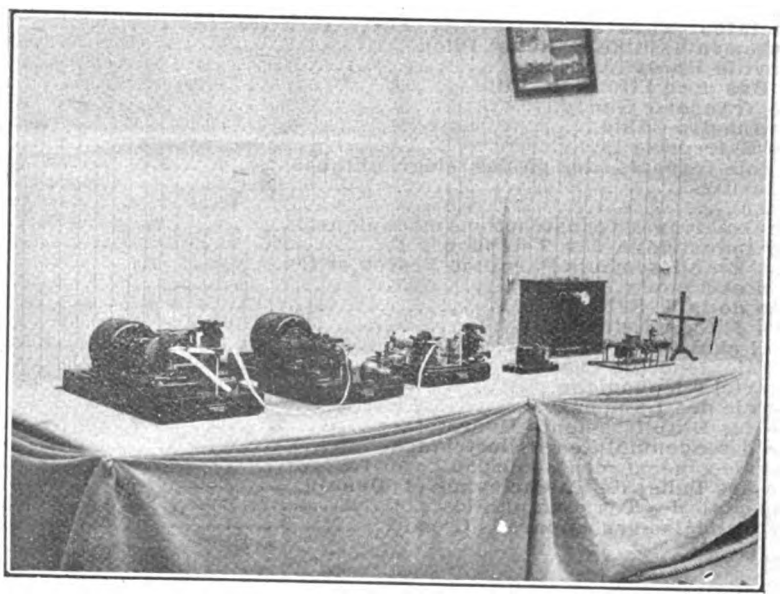
SOCIÉTÉ FRANÇAISE
DES
APPAREILS CREED

Société à responsabilité limitée au capital de 200.000 francs

JACPERS PARIS 17, rue de Lancry, PARIS (X^e^) NORD 60.90

TÉLÉGRAPHE RAPIDE IMPRIMEUR

fonctionnant à une vitesse de 200 mots par minute



Stand de la Direction de la T.S.F. Exposition des Arts Décoratifs

ONDULATEURS CREED A MOTEUR POUR INSCRIPTION DES TÉLÉGRAMMES TRANSMIS EN AUTOMATIQUE

TRANSMETTEURS — RELAIS — RÉCEPTEURS — IMPRIMEURS

PERFORATRICES POUR CODE MORSE ET CODE BAUDOT

Fournisseurs des Gouvernements Français et Etrangers.

INDEX DES ANNONCES

Pag

Lignes télégraphiques et téléphoniques
Compagnie Générale de Télégraphie et de Téléphonie
C.E.M.A
Etablissements Radio L.L
Le Carbone
Association des ouvriers en instruments de précision
Manufacture d'isolants et objets moulés
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont
Société des Téléphones Ericsson
Etablissements Desmaretz
Société anonyme d'Escaut et Meuse
Compagnie des Téléphones Thomson-Houston
Radiola
Accumulateur Tudor
Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon
La Cheville Rawl
Grand Bazar de l'Hôtel-de-Ville
Société française Gardy
Société Electro-Câble
Electro Entreprise
Compagnie française des câbles télégraphiques
Ecole Berlitz
Grammont
Société alsacienne de constructions mécaniques
Société industrielle des Téléphones
Anciens Établissements Parvillée Frères et Cie
Chauvin et Arnoux
Annales de la T. S. F.
Ateliers J. Carpentier
Louvroil et Recquignies
Compagnie Générale Transatlantique
Le matériel téléphonique
Compagnie des Lampes
Société des Etablissements Ducretet
Société des accumulateurs électriques
Compagnie générale des Câbles de Lyon
Société des Tubes de Valenciennes et Denain
Ecole spéciale des Travaux publics
Société française des Appareils Creed

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES

Les ouvrages suivants, publiés par la Bibliothèque des *Annales*, sont en vente chez les éditeurs indiqués pour chacun d'eux.

Chez A. Dumas, 8, rue de la Chaussée d'Antin, Paris (9e) :

Les dix premières années des **Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones.** — L'année complète, prix : 14 francs. Le prix des années dont certains numéros sont épuisés sera réduit proportionnellement au nombre des numéros manquants.

Chez Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris (6e) :

De la propagation du courant télégraphique et téléphonique (The propagation of the electric currents, par J.-A. Fleming); traduit de l'anglais par Ravut, Ingénieur des Postes et Télégraphes (1913). — 1 vol. Prix : 24 francs.

Cours d'électricité théorique (1), par Pomey, Inspecteur général des Postes et Télégraphes (1914). — 2 vol. Tome I. Prix : 26 francs.

Introduction à la théorie des courants téléphoniques et de la radiotélégraphie, par Pomey, Inspecteur général des Postes et Télégraphes (1920). — — Tome II. Prix : 50 francs.

Analogies mécaniques de l'électricité, par Pomey, Inspecteur général des Postes et Télégraphes (1921). Prix : 15 francs.

Radiotélégraphie, Radiotéléphonie, Radioconcerts, par E. Reynaud-Bonin, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 10 francs.

La transmission téléphonique théorique et appliquée, par Hill, traduit par G. Valensi, Ingénieur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 50 francs

Chez Etienne Chiron, 40, rue de Seine, Paris (6e) :

L'Acoustique téléphonique, la Téléphonie, la Télégraphie, par E. Reynaud-Bonin Ingénieur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. de 185 pages et 101 figures. Prix : 8 francs.

L'Onde électromotrice. Théorie élémentaire des transmissions de courants alternatifs. Application aux liaisons téléphoniques, par L. Aguillon, Ingénieur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 20 francs.

Principes de calcul vectoriel et tensoriel (École supérieure d'Électricité. Section de Radiotélégraphie), par Pomey, Inspecteur général des Postes et Télégraphes. Prix : 30 francs.

Chez Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris (6e) :

Appareils et installations télégraphiques (1), par E. Montoriol, Inspecteur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 40 francs.

Les Systèmes de Télégraphie et Téléphonie, par E. Montoriol, Inspecteur des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 40 francs.

Appareils et installations téléphoniques (1), par E. Reynaud-Bonin, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes. — 1 vol. Prix : 50 francs.

Chez Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris (6e) :

Principes de calcul vectoriel et tensoriel (École supérieure d'Électricité. Section de Radiotélégraphie), par Pomey, Inspecteur général des Postes et Télégraphes. Prix : 30 francs.

Les câbles télégraphiques et téléphoniques (Telegraphen und Fernsprechkabel-Anlagen, par Stille) ; traduit de l'allemand par Picault, Ingénieur, et E. Montoriol, Inspecteur des Postes et Télégraphes (1914). — 1 vol. in-8e. Prix : 30 francs.

Chez Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris (6e) :

Installations téléphoniques, guide pratique à l'usage du personnel des P.T.T. et des monteurs-électriciens, par J. Schils, directeur honoraire des P.T.T., 5e éd., revue et mise à jour par C. Cornet, ingénieur en chef des P.T.T., directeur des cours aux ateliers des P.T.T. (1925). — 1 vol. in-8e. Prix : relié, 28 fr. ; broché, 22 fr.

Voir la suite au verso.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

Digitized by Google

BIBLIOTHÈQUE DES ANNALES DES POSTES, TÉLÉGRAPHES ET TÉLÉPHONES.

(suite)

Les ouvrages suivants, publiés par la Bibliothèque des *Annales*, sont en vente à la librairie de l'Enseignement technique, 3, rue Thénard, Paris (5e).

Exploitation postale, par FERRIÈRE, Directeur des Postes et Télégraphes (1923). — 2 vol. in-8°. Tome I, 240 pages. Tome II, 306 pages. Les 2 volumes : 35 francs.

Cours d'exploitation télégraphique (1), par L. RAYNAL, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes. — 1 vol. de 175 pages. Prix : 15 francs.

Cours d'installations téléphoniques, par MILON, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1923). — 1 vol. de 400 pages et 264 figures. Prix : 40 francs.

Télégraphie et téléphonie sans fil (1), par VEAUX, Ingénieur des Postes et Télégraphes, 1 vol. de 312 pages et 365 figures (en réimpression).

Principes généraux d'exploitation téléphonique (1), par MILON, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1925). — 1 vol. in-8° de 272 pages, 20 fig. Prix : 15 francs.

Construction des lignes aériennes (1), par E. PICAULT, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1926). — 1 vol. in-8° de 350 pages et 185 figures. Prix : 20 francs.

Construction des lignes souterraines (1), par E. PICAULT, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes (1926). — 1 vol. in-8° de 191 pages et 108 figures. Prix : 25 francs.

Cours de comptabilité et droit budgétaire, par FERET DU LONGBOIS, Directeur au Ministère des Finances, 1922, 3e édition. — 1 vol. in-8° de 152 pages. Prix : 12 francs.

Manuel de l'ouvrier des lignes aériennes télégraphiques et téléphoniques, 1925, par L. DROUET, Ingénieur en chef des Postes et Télégraphes, 1 vol. in-16 relié, de 248 pages et 161 figures. Prix : 15 francs.

Instruction sur l'installation des bureaux télégraphiques principaux (1919). — 1 vol. in-16, relié, 86 pages, 64 figures dont 33 planches. Prix : 8 fr.

Instruction sur l'installation et l'entretien des postes téléphoniques d'abonnés (1921). — 1 vol. in-16 relié de 64 pages et 22 figures. Prix : 6 francs.

Instruction sur la protection des installations télégraphiques et téléphoniques de l'État contre les courants industriels (1918). — 1 vol. in-16 relié, 142 pages. Prix : 6 fr. 50.

Instruction sur les essais et mesures électriques et le relèvement des dérangements de lignes et de postes. — 1 vol. in-16 relié, 130 pages, 22 figures. Prix : 10 francs (en réimpression).

Instruction sur la construction et l'entretien des lignes aériennes, 1921. — 1 vol. in-16 relié, 346 pages, 100 figures. Prix : 15 francs.

Instruction provisoire sur la construction et l'entretien des lignes souterraines (1924). — 1 vol. in-16, relié, 260 pages, 122 figures. Prix : 18 francs.

Instruction sur la combinaison des circuits et leur appropriation à la télégraphie et à la téléphonie simultanées (1921) (2e édition). — 1 vol. in-16 relié, 26 pages, 20 figures. Prix : 3 fr. 50.

Conférences de comptabilité industrielle et commerciale (1921), par G. VALENSI, Ingénieur des Postes et Télégraphes (2). — 1 vol. in-8°, 276 pages. Prix : 15 francs.

Cours de machines (Machines thermiques. Automobilisme) (1920), par SAUVAGE, Inspecteur général des Mines (1). — 1 vol. in-8°, 208 pages, 70 figures. Prix : 15 francs.

Compléments de mathématiques (1922), par B. COLLIN, Agrégé de l'Université (1). — Une brochure in-8° de 84 pages. Prix : 6 francs.

La poste militaire en France (Campagne 1914-1919), par A. MARTY, Inspecteur général des Postes et Télégraphes. — 1 vol. in-8°, 140 pages. Prix : 7 francs.

Cours élémentaire de Téléphonie à l'usage du personnel des bureaux téléphoniques à batterie centrale, par Louis GRELAUD, Contrôleur principal des Postes et Télégraphes 2e édition. — 1 vol. autographié de 184 pages, 127 figures. Prix : 18 francs.

Cours sur l'organisation et le contrôle de l'exploitation des Bureaux télégraphiques et téléphoniques (1), par LEVEAU, chef de bureau téléphonique horsclasse, breveté de l'École supérieure des P.T.T. — 1 vol. in-8° de 190 pages. Prix : 15 francs.

Cours d'électricité, applications à la téléphonie et à la télégraphie à l'usage des agents mécaniciens et du personnel des P.T.T., par Ch. SECRET, Ingénieur des Postes et Télégraphes.

Livre I. — 1 vol. in-8° de 364 pages, 295 fig. Prix : 25 francs.

Livre II. — 1 vol. in-8° de 253 pages, 228 figures. Prix : 18 francs.

Cours de protection des lignes télégraphiques et téléphoniques contre les lignes d'énergie. — 1 vol. in-8° de 493 pages, 38 figures. Prix : 30 francs.

(1) Cours professé à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.
(2) Conférences faites à l'École Supérieure des Postes et Télégraphes.

VOIR AU RECTO.

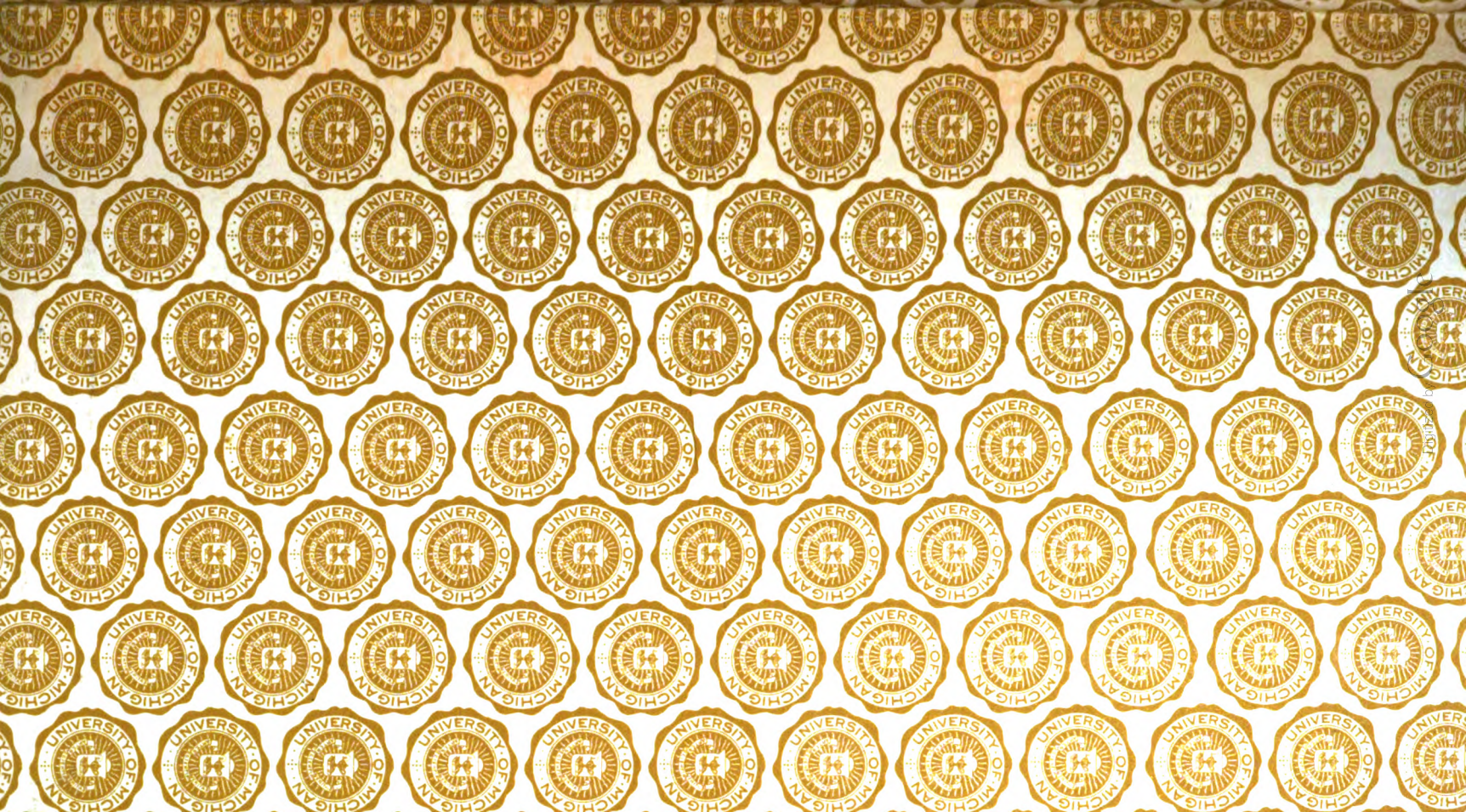
MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS. — MCMXXVI.

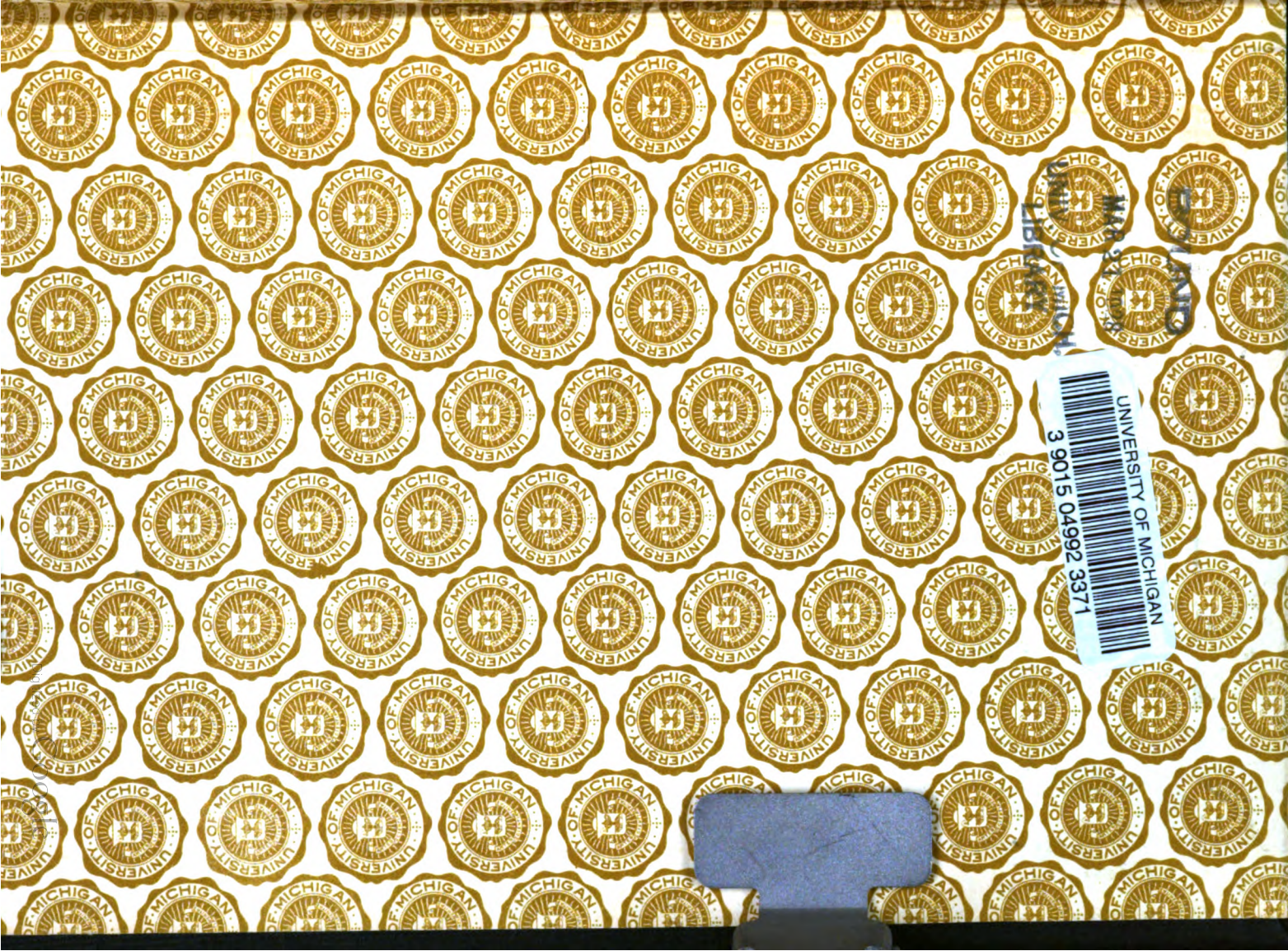
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google


UNIVERSITY OF MICHIGAN


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 04992 3371

Digitized by Google